Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

Les sections suivantes décrivent les solutions de fixation des tôles Hilti pour les secteurs de l'acier et des métaux. Ces solutions se composent de fixateurs pistoscellés à poudre et de vis qui permettent à l'installateur d'atteindre un rendement supérieur et une qualité élevée convenant aux exigences de l'application en question.

Les systèmes de fixation des tôles Hilti sont des solutions de rechange aux soudures conformes aux codes et offrent de nombreux avantages au propriétaire de l'immeuble, au concepteur et à l'installateur. Les systèmes de fixation de charpente sont composés de fixateurs à poudre pour la fixation d'une vaste gamme de profilés de tabliers en acier à l'acier de charpente et aux solives ajourées en acier ou aux solives composées. Les systèmes de fixation de recouvrements latéraux sont composés de vis pour la fixation de panneaux de tablier en acier aux panneaux adjacents.

Fixateurs d'ossature X-EDN19/X-EDNK22 pour solive composée



Fixateur d'ossature X-ENP-19 pour acier de charpente



Vis de couturage SLC-01 et SLC-02



Les systèmes de fixation de tôlerie Hilti ont fait l'objet d'évaluations très approfondies et possèdent toutes les homologations relatives aux codes du bâtiment pertinentes, y compris ICC-ES, COLA, FM, UL et ABS.

Veuillez vous reporter aux sections 3.5.2, 3.5.3 et 3.5.4 pour de plus amples renseignements sur les homologations, évaluations et limites d'application spécifiques du produit.











Afin de faciliter et d'accélérer la conception-calcul et la sélection des fixateurs de tôlerie HIlti, Hilti a mis en œuvre le révolutionnaire logiciel Profis DF Diaphragm. Ce logiciel d'élaboration de conception et de devis comprend une fonction puissante d'optimisation de la conception pour mettre au point les solutions de conception des tabliers en acier les plus économiques et les plus fiables.

L'établissement de propositions de devis de projets comprenant les fixateurs de tôlerie Hilti est également simplifiée grâce à un générateur automatique de calcul et de propositions de devis. Visitez le centre technique des tabliers Hilti pour télécharger votre copie ou demandez à votre ingénieur externe ou à votre gérant de comptes – Acier et métaux Hilti des détails dès aujourd'hui.







3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.1 Notations et terminologie

3.5.1.1.1 Notations — fixateurs pour tôles

DX = terminologie Hilti pour la technologie de fixation directe par pistolet de scellement à poudre

ENP = fixateur Hilti pour fixer les tôles de tablier sur les profilés de charpente en acier au moyen des pistolets de scellement à poudre DX 76 et DX 860-ENP (X-ENP19 L15)

F = facteur de flexibilité de diaphragme, micropouce/lb (mm x 10^{-6}/N)

G' = rigidité au cisaillement du diaphragme lb/po (N/mm x 10^{-6})

HSN = fixateur à cisaillement élevé Hilti pour l'assemblage de tôles sur des solives composées au moyen des pistolets de scellement à poudre DX 860-HSN et DX 460-SM (X-EDN19 THQ12, X-EDNK22 THQ12)

q = cisaillement admissible de diaphragme, plf (N/mm)

Q_f = résistance structurale du connecteur, lb (kN)

Q_s = résistance de fixateur, tôle dans tôle, lb (kN)

S_f = facteur de flexibilité de fixateur, tôle dans l'ossature, po/kip (mm/kN)

S_s = facteur de flexibilité de fixateur, tôle dans tôle, po/kip (mm/kN)

t_f (t_{ll}) = épaisseur d'aile de la poutre ou de la solive composée pour tabliers en acier, po (mm)

ICC-ES = International Code Council - Evaluation Service

SDI = Steel Deck Institute

ICTAB = Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment

3.5.1.1.2 Notations — connecteurs X-HVB (section 3.5.6)

h_r = hauteur nominale de nervure, po (mm)

H_s = hauteur de connecteur, po (mm)

N_r = nombre de connecteurs par nervure

q = résistance admissible au cisaillement, lb (kN)

Q_n = résistance nominale au cisaillement, lb (kN)

R_g = coefficient tenant compte de l'effet de groupe

w_r = largeur moyenne de nervure, po (mm)

Y_{con} = distance entre la surface des poutres en acier et la surface de la dalle de béton, po (mm)

3.5.1.1.3 Terminologie — pose de tôles

Arrachement (pullover) – Mode de rupture caractérisé par le soulèvement de la tôle, le fixateur ou la rondelle restant en place.

Brûlure (burn through) – Perforation accidentelle de la tôle associée aux opérations de soudage.

Calibre (gauge) – Mesure de l'épaisseur des tôles. Se reporter à la section 3.5.1.7 pour connaître les calibres de tôle courants.

Cartouche de poudre (powder-actuated cartridge) – Enveloppe de métal renfermant la poudre utilisée comme charge propulsive des pistolets de scellement. Le terme utilisé dans la norme ANSI A10.3 est « cased powder load ».

Embossage (button punch) – Méthode d'assemblage mécanique de tôles de tablier à recouvrement emboîté (BI) au moyen d'un outil de sertissage spécial.

Fixateur de scellement au pistolet (powder-actuated fastener [PAF]) – Clou ou goujon fileté pouvant être enfoncé dans l'acier, le béton ou la maçonnerie. Ce type de fixateur peut comporter une rondelle qui assure le serrage de l'élément à fixer sur le matériau support. Aussi désigné sous le nom de fixateur Hilti DX, fixateur de scellement au pistolet à poudre (PAF), fixateur de scellement au pistolet (PDF), fixateur pistoscellé.

Fixation directe (direct fastening) – Méthode de fixation n'exigeant aucune préparation, comme le perçage d'avant-trous. Le pistoscellement, les vis autoperceuses et le soudage en sont des exemples.

Fixation (fastening) – Assemblage définitif non démontable comprenant le fixateur, le matériau à fixer et le matériau support.

Fixation temporaire (wind tacking) – Opération qui consiste à fixer légèrement le bord des tôles de tablier en attente de la pose des fixateurs prescrits.

Matériau à fixer (fastened material) – Élément à fixer au matériau support.

Matériau support (base material) – Partie d'un ouvrage qui sert de base à la fixation (l'acier de charpente et les solives composées dans le cas des tabliers en acier).

Outil pneumatique (pneumatic tool) – Outil de fixation qui fonctionne à l'air comprimé.

Panne (purlin) – Pièce de charpente secondaire fixée horizontalement sur l'ossature principale et qui est destinée à supporter la couverture du toit.

Patron de fixation (fastener pattern) – Nombre et entraxe des fixateurs pour chaque élément porteur du tablier.

Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

Pistolet de scellement à poudre à action indirecte (powder-actuated, indirect-acting tool) – Outil de scellement dont la charge de poudre explosive agit sur un piston intégré qui, à son tour, assure l'enfoncement du fixateur dans le matériau support. Un outil satisfait aux exigences de la norme ANSI A10.3 et est classé outil à basse vitesse quand, au cours des essais, la vitesse du fixateur le plus léger enfoncé à l'aide de la charge de poudre la plus puissante est inférieure à 328 fps (100 m/s). Tous les pistolets de scellement à poudre Hilti utilisés dans le domaine de la construction sont classés comme outils à basse vitesse.

Poutre (beam) – Un des principaux éléments porteurs horizontaux dans un bâtiment.

Recouvrement latéral chevauché (nestable sidelap) – Type de tablier où le bord latéral d'une tôle est constitué d'un creux de largeur partielle qui chevauche le bord latéral de la tôle adjacente qui est constitué d'un creux pleine largeur. La fixation est souvent réalisée à l'aide de vis de couturage autoperceuses.

Recouvrement latéral emboîté [BI] (interlocking sidelap [BI connection]) – Panneaux de tablier ayant des bords latéraux mâle et femelle. Les bords mâle et femelle adjacents pénètrent l'un dans l'autre et sont fixés par embossage, système d'embossage exclusif, soudage ou vissage.

Recouvrement latéral (sidelap) – Largeur sur laquelle les tôles adjacentes doivent se superposer (les bords latéraux sont parallèles aux cannelures des tôles).

Recouvrement transversal ou d'extrémité (endlap) – Largeur sur laquelle deux tôles adjacentes doivent se superposer à leur extrémité (bords perpendiculaires aux cannelures) et qui est généralement de 2 ou 4 pouces. Les tabliers aboutés sans recouvrement d'extrémité sont utilisés pour certains tabliers en acier (p. ex. cellulaires).

Retrait (pullout) – Mode de rupture caractérisé par l'extraction du fixateur du matériau support en acier.

Solive ou poutrelle (joist) – Élément structural qui compose l'ossature rigide du plancher ou du toit dans un bâtiment.

Soudure de pointage (tack weld) – Soudure ne jouant aucun rôle structural important et qui sert à fixer temporairement les tôles sur la charpente porteuse de façon à maintenir le bon alignement des pièces en attente de la réalisation des soudures finales.

Soulèvement (uplift) – Charge verticale exercée par le vent sur les tôles de tablier.

Système de fixation (fastening system) – Ensemble comprenant le fixateur, l'outil de fixation et la source d'alimentation et ayant des caractéristiques de rendement précises.

Système d'embossage (punch systems) – Mode d'assemblage mécanique des tôles de tablier à recouvrement emboîté qui consiste à poinçonner l'acier de façon à créer un rabat qui est ensuite serti au moyen d'un outil pneumatique breveté.

Tablier à diaphragme (diaphragm deck) – Tablier conçu pour résister aux charges latérales dues au vent ou aux forces sismiques en plus des charges de gravité et de soulèvement sous l'action du vent.

Tablier sans diaphragme (non-diaphragm deck) – Tablier conçu pour résister aux charges de gravité seulement.

Vis de couturage (stitch screws) – Vis utilisées pour l'assemblage des bords chevauchants de deux tôles entre les solives ou les poutres.





3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.2 Conception-calcul et théorie des diaphragmes de tablier en acier

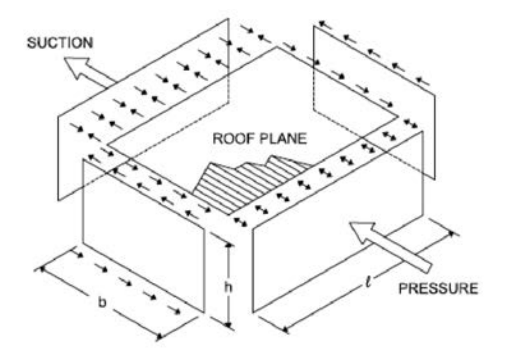
3.5.1.2.1 Généralités

Par diaphragme, on entend un assemblage horizontal qui permet au tablier en acier de résister aux charges dues au vent, aux forces sismiques et autres efforts latéraux. Par analogie, le diaphragme est équivalent à une poutre horizontale : les tôles interconnectées du tablier de plancher ou de toit constituent l'âme de la poutre dont les ailes sont les poutres périmétriques. Les solives ou les poutres intermédiaires servent de raidisseurs d'âme. La figure 1, qui est basée sur les dessins figurant dans le *Diaphragm Design Manual* publié par le Steel Deck Institute (SDI), montre un modèle de diaphragme de tablier de toit.

Habituellement, le calcul des diaphragmes de tablier en acier est fondé sur les méthodes décrites dans le *Diaphragm Design Manual* publié par le Steel Deck Institute (SDI) ou le *Technical Manual (TM) 5-809-10 Seismic Design for Buildings* des forces armées des États-Unis (*Tri-Services Design Manual*). Les deux méthodes comprennent des équations qui permettent de calculer la résistance et la rigidité des diaphragmes en fonction des paramètres suivants :

1. type et épaisseur du profilé de tablier;
2. espacement des pièces de charpente métallique porteuses ou portée du tablier;
3. type et entraxe des fixateurs (tôle à la charpente);
4. type et entraxe des fixateurs de recouvrements latéraux (tôle à tôle);
5. coefficients de sécurité (ASD) ou facteurs de résistance (LRFD/LSD) selon le type de charge (vent, forces sismiques, autres) et le type de fixation (mécanique, soudée).

Selon la norme AC 43, *Acceptance Criteria for Steel Deck Roof and Floor Systems* d'ICC Evaluation Services, les deux méthodes de calcul sont acceptables. Dans un rapport d'évaluation (ESR) basé sur l'ICC-ES AC 43, l'ICC reconnaît la conformité au Code international du bâtiment (IBC). Les fixateurs de tôlerie Hilti figurent dans le manuel DDM03 du SDI et l'appendice VI et les résultats de leur évaluation sont publiés dans les rapports ICC-ES ESR-2776 et ESR-2197 Le rendement des fixateurs de tôlerie Hilti utilisés avec des systèmes d'emboîtement des tôles exclusifs figure également dans les rapports ESR-1116, ESR-1735P, ESR-1169 et ESR-1414. Des recherches supplémentaires de l'industrie portant sur les charges quasi-statiques et sismiques et cycliques exercées sur les diaphragmes sont aussi en cours. D'autres homologations et rapports d'évaluation des systèmes sont en instance.



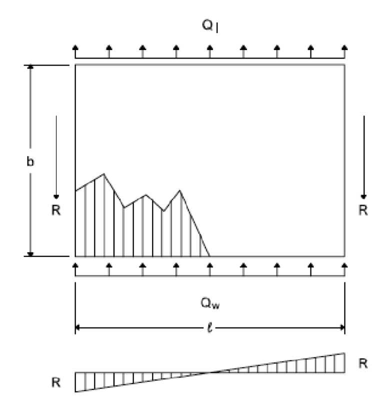


Figure 1 : Modèle de diaphragme

3.5.1.2.2 Programmes d'essai des fixateurs

De nombreux programmes d'essais portant sur de petits éléments ou des diaphragmes en vraie grandeur ont été menés sur des fixateurs de tôlerie Hilti pour évaluer leur rendement.

1. **Essais portant sur de petits éléments de connexion**

   Les essais portant sur de petits éléments de connexion servent à évaluer la résistance au retrait, la résistance à l'arrachement, la résistance au cisaillement ainsi que la rigidité des fixateurs, les tôles et l'acier support étant représentatifs d'une construction type. Les données sont analysées et insérées dans un modèle de prévision qui permet de calculer le rendement de plus grands ensembles ou systèmes de diaphragme de tablier en acier. Ces essais sont menés conformément aux normes suivantes et sont illustrés à la figure 2.

- AISI S905 *Test Methods for Mechanically Fastened Cold-Formed Steel Connections*
- ASTM E1190 *Standard Test Methods for Strength of Power-Actuated Fasteners Installed In Structural Members*
- ICC-ES AC70 *Acceptance Criteria for Fasteners Power Driven Into Concrete, Steel and Masonry Elements*
- ICC-ES AC118 *Acceptance Criteria for Tapping Screw Fasteners*

Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

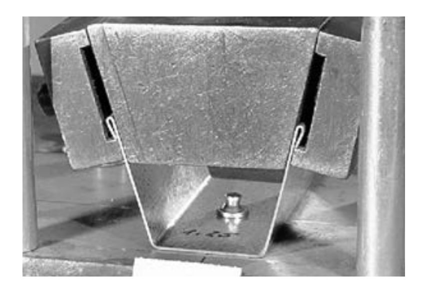
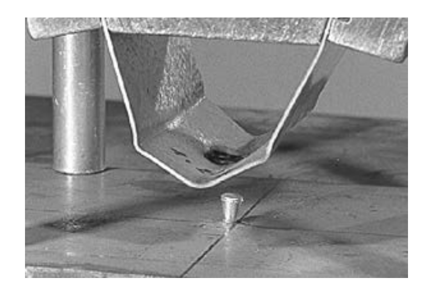
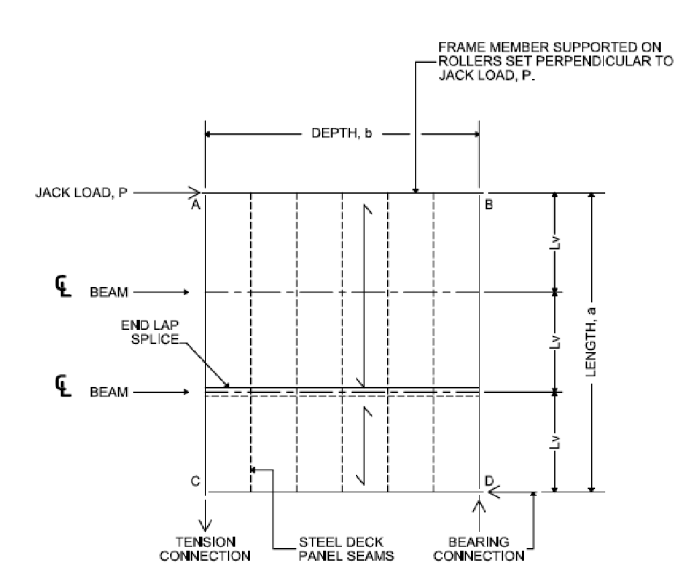




Figure 2 : Essais portant sur de petits éléments de connexion

2. Essais des systèmes de diaphragmes en vraie grandeur

Les essais en vraie grandeur des diaphragmes visent à évaluer directement la résistance et la rigidité de plus grands ensembles de diaphragmes de tablier en acier. Les données obtenues sont analysées et insérées dans un modèle de prévision qui permet de calculer différentes configurations d'acier support, de tôles, de fixateurs et de portées. Ces essais sont menés conformément aux normes suivantes et sont illustrés aux figures 3, 4 et 5.

- ICC-ES AC43 *Acceptance Criteria for Steel Deck Roof and Floor Systems*
- AISI S907 *Cantilever Test Method for Cold-Formed Steel Diaphragms*
- ASTM E455 *Standard Test Method for Static Load Testing of Framed Floor or Roof Diaphragm Constructions for Buildings*



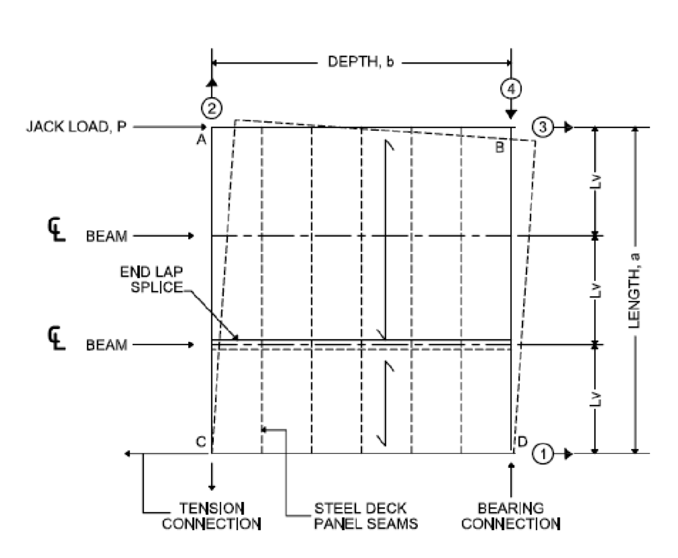


Figure 3 : Schémas de bâti d'essai de diaphragme (ICC-ES AC43)



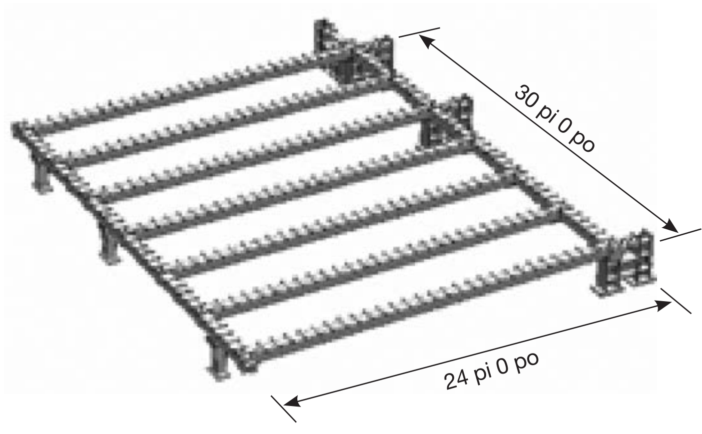


Figure 4 : Bâti d'essai de diaphragme (AC43)
Laboratoire FSRL (*Fastening Systems Research Laboratory*), Schaan, Liechtenstein

3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

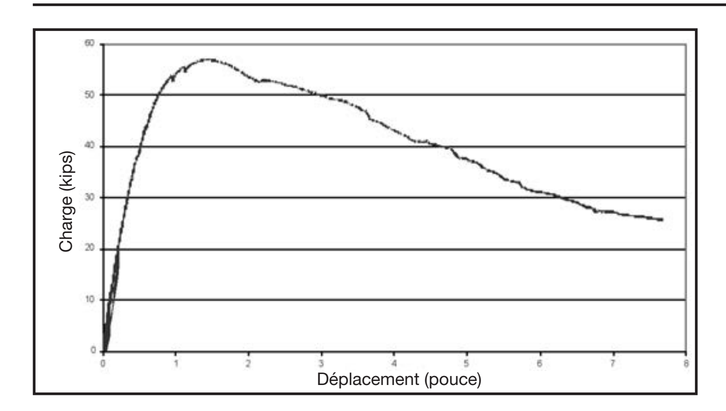


Figure 5 : Courbe de déplacement en charge des diaphragmes de tablier (AC43)

Les fixateurs de scellement au pistolet à poudre Hilti sont une solution de rechange reconnue aux soudures par point et aux vis autoperceuses couramment utilisées. Ces fixateurs conviennent aux diaphragmes de tablier de toit ainsi qu'aux diaphragmes de plancher composites. Hilti offre aux utilisateurs de pistolets de scellement à poudre une formation conforme à la norme ANSI A10.3 Safety Requirements for Powder-Actuated Fastening Systems.

Les systèmes de fixation mécanique Hilti : des solutions supérieures pour la fixation des tôles aux ossatures en acier

- Qualité de fixation uniforme
- Rythme de production élevé
- Absence de brûlures ou de dommages aux solives causés par le soudage
- Rendement supérieur des charges cycliques

3.5.1.2.3 Sélection des fixateurs et mise en place des tôles (avant la pose des fixateurs)

La sélection du fixateur de tôlerie Hilti à utiliser dépend de l'épaisseur de l'acier du matériau support, comme l'illustre la section 3.5.1.3.1. L'installateur de tablier doit utiliser le guide de sélection des fixateurs Hilti illustré à la figure 6 pour choisir le bon fixateur. Pour ce faire, il lui suffit d'appuyer l'entaille dont le guide est muni sur la membrure supérieure de la solive composée ou sur l'aile de la poutre, puis de glisser le calibre à l'intérieur du guide aussi loin que possible. Le fixateur Hilti approprié est celui au regard duquel la case est verte. Quand celle-ci est rouge, c'est que le fixateur correspondant ne convient pas au matériau support et ne devrait pas être utilisé pour la fixation des tôles sur le matériau faisant l'objet du calibrage.

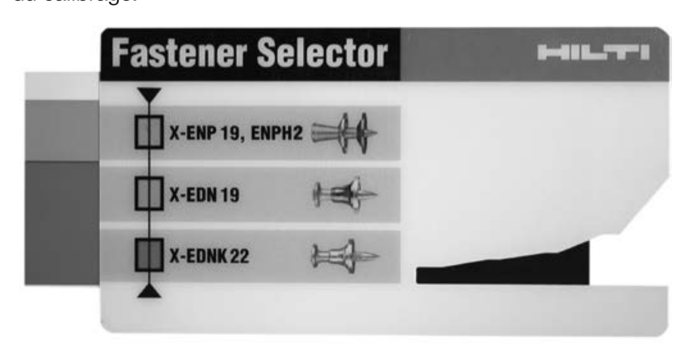


Figure 6 : Guide de sélection des fixateurs de tôlerie Hilti

Pour s'assurer que les tôles sont bien fixées sur les éléments en acier porteurs, les installateurs de tablier en acier doivent veiller à placer correctement les tôles et à marquer à l'aide de lignes l'emplacement des points de fixation. Le marquage de lignes repères est essentiel quand on doit fixer les tôles de tablier sur des éléments de charpente en acier de faible épaisseur (t_{II} < 1/4 po), y compris les solives ajourées en acier. On doit toujours poser les fixateurs à au moins 3/8 po (10 mm) du bord extérieur de la membrure supérieure des poutrelles ou de l'aile des poutres en acier de faible épaisseur. De plus, dans le cas des membrures supérieures constituées par cornière, les fixateurs doivent être posés à une distance égale à $b_x \leq 8 \times t_{II}$ de l'angle extérieur formé par les deux ailes. Se reporter à la figure 7 pour la distance des bords et les dimensions de b_x.

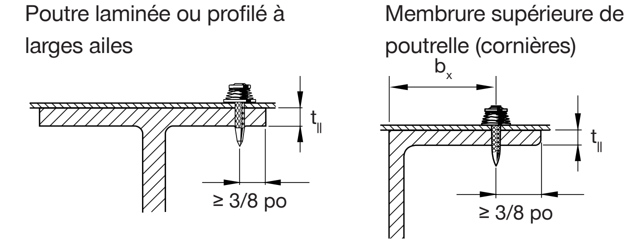


Figure 7 : Distances de rive recommandées

Il faut être particulièrement attentif aux recouvrements d'extrémité et de coin là où plusieurs tôles adjacentes se chevauchent ou s'emboîtent. Pour être en mesure de réaliser la fixation quand deux ou quatre tôles se recouvrent en bout ou en coin, on doit s'assurer qu'elles sont bien serrées les unes contre les autres ainsi que contre la charpente en acier porteuse (se reporter à la figure 8). Cette exigence concerne tous les types de fixation et influe directement sur le rendement des soudures par point, des vis, des fixateurs pistoscellés, des embossages et des rivets. Si les recouvrements d'extrémité et de coin ne sont pas bien serrés, la fixation ne peut pas être effectuée correctement.

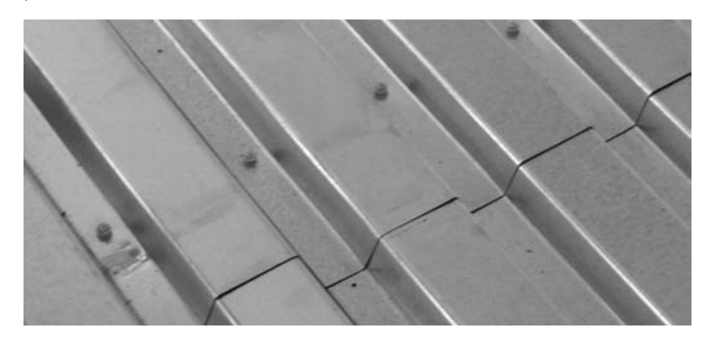


Figure 8 : Chevauchement serré des tôles

3.5.1.2.4 Inspection suivant la pose des fixateurs

Dans les projets de construction de tabliers en acier, le contrôle de la qualité des connexions réalisées entre les tôles et la charpente en acier porteuse peut présenter des difficultés. Dans le cas des méthodes de fixation courantes, le contrôle de la qualité peut présenter des difficultés, car il consiste généralement à effectuer une inspection visuelle et à vérifier la conformité des dimensions ou des tailles, ce qui n'est pas toujours suffisant. Pour s'assurer que la fixation mécanique des tôles réalisée au moyen d'outils de scellement à poudre est adéquate, on peut avoir recours à la méthode de vérification sur le terrain décrite dans la présente section.

L'utilisation de fixateurs mécaniques ne veut pas nécessairement dire que chaque point de fixation doit être vérifié, sauf indication contraire de l'ingénieur en structures. Aucune ligne directrice ni norme du SDI, de l'AWS, de l'AISC ou de l'OSHA ne prescrit le pourcentage des connexions de tablier qui doit être vérifié ou qui peut être inapproprié. Cette exigence doit être fixée par l'ingénieur en structures et l'autorité compétente.



Figure 9 :
Guide de réglage de la puissance Hilti

Hilti offre plusieurs services et aides qui permettent de s'assurer que les fixations de tablier en acier sont réalisées correctement dès le départ. Dans la mesure où l'installateur de tablier a à cœur le contrôle de qualité, ces systèmes peuvent réduire le besoin d'inspection après la pose des fixateurs. Plus de mille gérants de comptes et ingénieurs externes de Hilti peuvent offrir une formation sur le chantier aux installateurs. La formation pratique porte sur l'utilisation des pistolets de scellement à poudre Hilti en conformité avec les exigences de sécurité de la norme ANSI A10.3, l'emploi du guide de sélection des fixateurs, la mise en place appropriée des tôles et le chevauchement des recouvrements d'extrémité et de coin, conformément à la section 3.5.1.2.3. La sélection du fixateur, de l'outil et de la cartouche à utiliser (section 3.5.1.3) ainsi que le mode d'emploi du guide de réglage de la puissance Hilti (illustré à la figure 9 et expliqué à la section 3.5.1.3.3) sont aussi des éléments clés de la formation offerte aux installateurs. De plus, les outils Hilti DX 860-HSN sont équipés d'une butée de piston qui élimine pratiquement tout risque de surenfoncement des fixateurs.

Il y a trois facteurs principaux à prendre en compte pour assurer une fixation appropriée :

1. Emplacements des fixateurs. Les fixateurs doivent être posés à travers les cannelures ou les creux appropriés, en conformité avec les plans et le calcul des tabliers de toit et de plancher ainsi qu'au bon endroit dans l'acier support (se reporter à la section 3.5.1.2.3). La pointe du fixateur doit pénétrer dans l'élément porteur en acier (membrure ou aile supérieure), mais pas nécessairement le traverser, selon la configuration fixateur-tablier-acier support.

2. Serrage de la pièce à fixer sur le matériau support. Les fixateurs doivent serrer solidement les tôles sur l'acier support (membrure ou aile supérieure). Il ne doit pas y avoir d'espace visible entre la tôle et l'acier support ni entre les recouvrements de tôles.

3. Mise en place et état de la rondelle. En général, les bords de la rondelle doivent retenir solidement la tôle sur l'acier support et ne doivent pas être relevés par rapport à la surface de la tôle ni être enfoncés dans celle-ci. Le chapeau des fixateurs X-EDN19 et X-EDNK22 doit être comprimé et dans le cas du fixateur X-ENP-19, la marque de piston (empreinte) doit être bien visible sur la rondelle, comme l'illustre la figure 10.

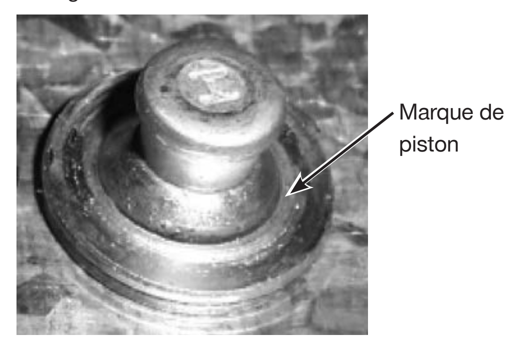


Figure 10 : X-ENP-19 L15 : Marque de piston (empreinte)

Quand l'inspecteur n'est pas en mesure de confirmer que le serrage est adéquat par l'observation du chapeau ou de la marque de piston, le guide de réglage de la puissance Hilti peut être utilisé pour mesurer la saillie de la tête au-dessus de la surface (h_{NVS}). Il faut souligner que la mesure de la saillie ne permet pas de savoir si la longueur de scellement est adéquate, sauf si le tablier est fermement serré sur le matériau support et que ce dernier n'est ni déformé ni plié. Inversement, la mesure de la saillie de la tête au-dessus de la surface ne permet pas de confirmer que la fixation est inadéquate. Si la mesure est légèrement à l'extérieur de la plage, un examen supplémentaire des trois facteurs à prendre en compte pour assurer une fixation appropriée donnés ci-dessus doit être effectué.

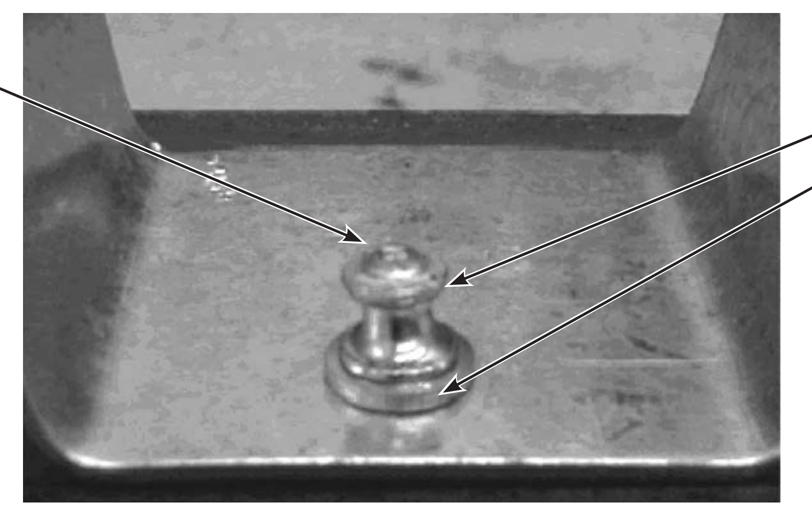
Les figures 11 et 12 montrent des exemples d'installations appropriées et non appropriées des fixateurs Hilti pour solives composées (X-EDN19/X-EDNK22) et profilés de charpente (X-ENP-19 L15).

L'inspection du tablier en acier installé et l'installation des couvertures, de l'isolant et des membranes doivent être faites peu de temps après l'installation du tablier en acier pour aider à atténuer la corrosion ou d'autres problèmes qui pourraient survenir par suite d'une exposition prolongée aux intempéries. Les fixateurs doivent être complètement protégés des intempéries dans les 180 jours suivant l'installation.



3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

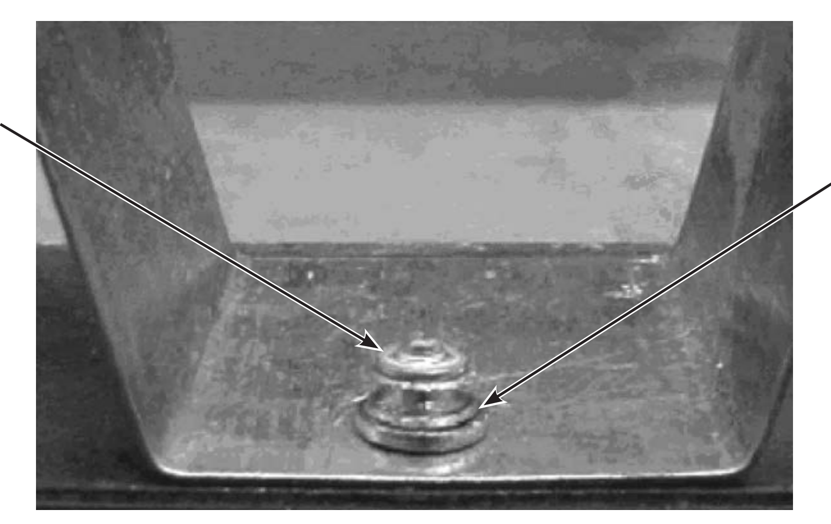
h_{NVS} bien au-dessus de la plage optimale*



Le chapeau n'est pas comprimé ni bien appuyé contre la rondelle et n'assure pas le serrage approprié de la tôle sur l'acier support.

Figure 11a : Sous-enfoncement du fixateur X-EDN19/X-EDNK22 (une tôle sur acier support)

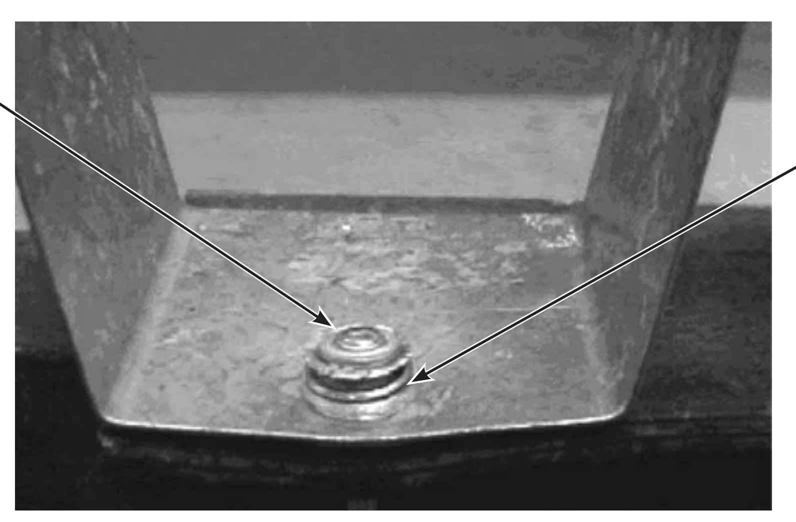
h_{NVS} dans les limites de la plage optimale*



Le chapeau est comprimé et bien appuyé contre la rondelle et assure le serrage approprié de la tôle sur l'acier support.

Figure 11b : Enfoncement adéquat du fixateur X-EDN19/X-EDNK22 (une tôle sur acier support)

h_{NVS} bien au-dessous de la plage optimale*



Les rondelles sont enfoncées dans la tôle, ce qui cause sa déformation et celle de l'acier support.

Figure 11c : Surenfoncement du fixateur X-EDN19/X-EDNK22 (une tôle sur acier support)

* La plage de saillie optimale (h_{NVS}) pour les fixateurs X-EDN19 et X-EDNK22 est de 5 mm ≤ h_{NVS} ≤ 9 mm.

Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

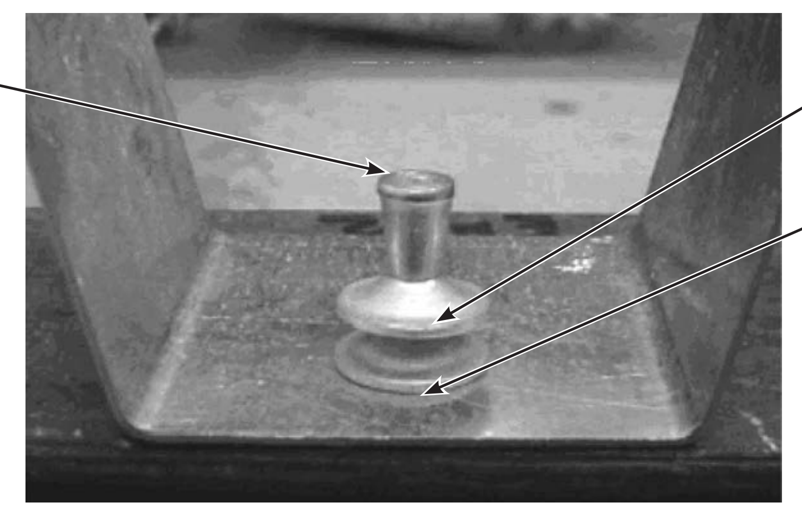


Figure 12a : Sous-enfoncement du fixateur X-ENP-19 (une tôle sur acier support)

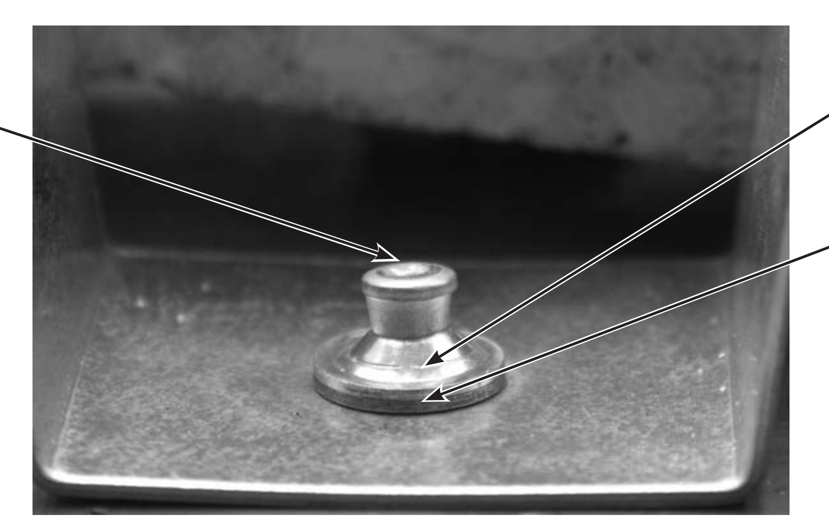


Figure 12b : Enfoncement adéquat du fixateur X-ENP-19 (une tôle sur acier support)

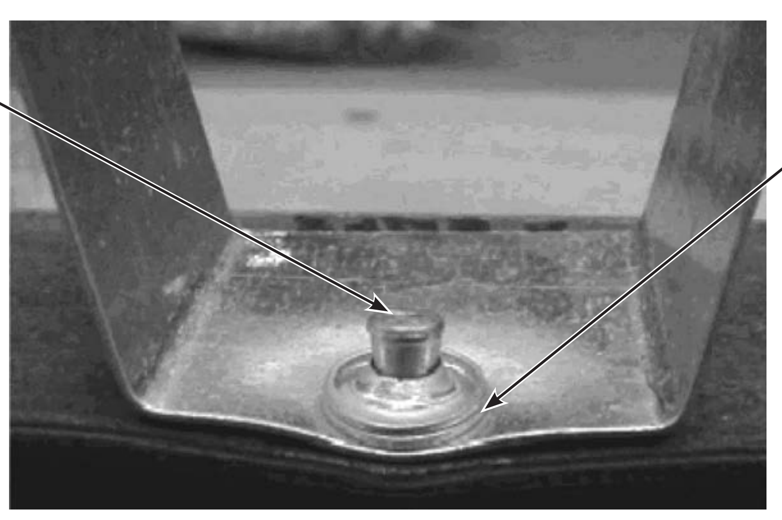


Figure 12c : Surenfoncement du fixateur X-ENP-19 (une tôle sur acier support)

* La plage de saillie optimale (h_{NVS}) pour le fixateur X-EDN19 est de 8,2 mm ≤ h_{NVS} ≤ 9,8 mm.

3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.3 Sélection des fixateurs, des outils et des cartouches

Solutions pour les travaux dans les solives composées (solives ajourées) (se reporter à la section 3.5.2)

DX 460-SM

SLC 01 SLC 02 HWH nº 10

DX 860-HSN

X-EDN19 THQ12 ou X-EDNK22 THQ12

SDT 30

Solutions pour les travaux dans l'acier de charpente (se reporter à la section 3.5.3)

DX 76

SLC 01 SLC 02 HWH nº 10

X-ENP-19 L15

DX 860-ENP-L

SDT 30

Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

3.5.1.3.1 Gamme de fixateurs

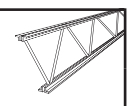


Tableau 1 – Fixateurs pour solives composées et profilés de charpente en acier de faible épaisseur (se reporter à la section 3.5.2)

Matériau support[1]	Type de fixateur[2]	Outil d'installation recommandé
Solive composée et profilé de charpente 3/16 po (5 mm) ≤ t_f ≤ 3/8 po (10 mm)	**X-EDN19 THQ12[3]**	DX 860-HSN
Solive composée 1/8 po (3 mm) ≤ t_f ≤ 1/4 po (6 mm)	**X-EDNK22 THQ12**	DX 860-HSN

1 La résistance à la traction du matériau support en acier (f_u) doit être comprise entre 58 et 91 ksi pour les épaisseurs d'acier support (t_f) inférieures ou égales à 5/16 po. Pour le fixateur X-EDN19 THQ12 dans des épaisseurs d'acier support (t_f) supérieures à 5/16 po, être comprise entre 58 et 68 ksi.

2 Les fixateurs X-EDN19 et X-EDNK22 conviennent à tous les types de tabliers, sauf les tôles de type A.

3 Ce fixateur peut être utilisé avec l'acier de charpente dont l'épaisseur se situe dans la plage indiquée.

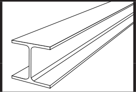


Tableau 2 – Fixateurs pour profilés de charpente en acier (se reporter à la section 3.5.3)

Matériau support[1]	Type de fixateur[2]	Outil d'installation recommandé
Acier de charpente, acier de charpente trempé et solives composées épaisses t_f ≥ 1/4 po (6 mm)	**X-ENP-19 L15**	DX 860-ENP-L

1 La résistance à la traction du matériau support en acier (f_u) doit être comprise entre 58 et 91 ksi pour toutes les épaisseurs d'acier support (t_f) supérieures ou égales à 1/4 po.

2 Les fixateurs X-ENP-19 L15 conviennent à tous les types de tabliers, sauf les tôles de types A et F.

Tableau 3 – Fixateurs pour recouvrements latéraux tôle à tôle (se reporter à la section 3.5.4)[2]

Calibres de tôle	Type de fixateur[1]	Outil d'installation recommandé
18[3] à 26	**S-SLC 01 M HWH**	SDT 30
16 à 22	**S-SLC O2 MHWH**	SDT 30
16 à 26	**Vis HWH nº 10 Hilti**	SDT 30

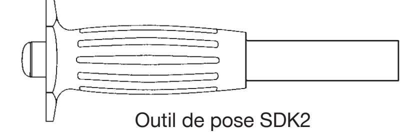
1 Utilisation avec tous les types de tôles à recouvrement chevauché ou de tôles à recouvrement emboîté vissable.

2 D'autres types de vis de couturage sont possibles avec les fixateurs pistoscellés Hilti. Se reporter à la 3e édition du manuel *Diaphragm Design Manual* publié par le Steel Deck Institute (SDI) (DDM03).

3 L'utilisation des vis S-SLC 01 M HWH dans les tabliers en acier de calibre 18 est recommandée uniquement pour les tabliers en acier ayant une résistance à la traction normale (45 ≤ f_u≤ 65 ksi). Pour les tabliers en acier de calibre 18 ayant une résistance à la traction élevée (f_u > 65 ksi), utiliser les vis S-SLC 02 M HWH.

Capuchons étanches

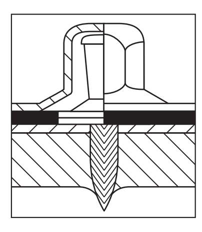
Le SDK2 est un capuchon étanche en acier inoxydable SAE 316 muni d'un joint en néoprène. Ce bouchon est posé sur la tête du fixateur X-ENP-19 à l'aide de l'outil de pose manuel SDK2. Pour les tabliers en acier extérieurs, le capuchon SDK2 procure une protection additionnelle contre la corrosion qui répond aux exigences du code IBC.



Outil de pose SDK2



Capuchon étanche SDK2



X-ENP-19 L15
h_{nvs} = 8,2 mm à 9,8 mm

Remarque : Le capuchon étanche et le fixateur doivent être posés correctement pour obtenir une étanchéité à l'eau. Communiquez avec Hilti pour obtenir des précisions.

3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.3.2 Gamme d'outils

Outils pour solives composées et profilés de charpente en acier de faible épaisseur (se reporter à la section 3.5.2)

DX 860-HSN



L'outil de tôlerie vertical DX 860 HSN est un pistolet de scellement à poudre entièrement automatique conçu pour fixer les tôles aux matériaux supports en acier. Proposant une cadence de fixation élevée et un chargeur de 40 fixateurs, il aide à réduire substantiellement le temps qu'il faut pour fixer les tabliers. La fixation est possible sur les structures très minces sans faire appel à une rondelle de soudage. Il convient aux charpentes en acier de 1/8 po à 3/8 po d'épaisseur. Il s'utilise avec les fixateurs en bandes X-EDN19 THQ12M et X-EDNK22 THQ12M.



DX 460-SM



L'outil de tôlerie DX 460-SM est un pistolet de scellement à poudre pour travaux d'intensité moyenne avec réglage de puissance qui sert à fixer les tôles aux matériaux supports en acier. Il convient parfaitement aux tabliers à cannelures de 1/2 po ou plus de largeur et aux supports en acier de 3/16 po à 3/8 po d'épaisseur. Il s'utilise avec les fixateurs en bandes X-EDN19 THQ12 et X-EDNK22 THQ12.



Outils pour profilés de charpente en acier (se reporter à la section 3.5.3)

DX 860-ENP-L



L'outil DX 860-ENP-L est un pistolet de scellement à poudre totalement automatique conçu pour fixer les tôles aux poutres en acier de charpente. Sa capacité est de 1 bande de 40 cartouches et de 4 bandes flexibles de 10 fixateurs X-ENP-19 en chargeurs MXR.

Le DX 860 ENP-L est conçu pour être ergonomique en travaillant debout; on peut même le charger sans se pencher. Il convient aux tabliers à cannelures de 3/4 po ou plus de largeur et aux supports en acier de 1/4 po ou plus d'épaisseur.



DX 76



Le système pour tabliers DX 76 est un ensemble de fixation robuste composé d'un pistolet de scellement à poudre semi-automatique à basse vitesse, de fixateurs et de cartouches pour fixer les tôles aux matériaux supports en acier. Il comporte plusieurs caractéristiques particulières, comme le réglage de puissance des cartouches, qui permet d'augmenter la productivité. Il convient aux tabliers à cannelures de 3/4 po ou plus de largeur et aux supports en acier de 1/4 po ou plus d'épaisseur. Il s'utilise avec les fixateurs X-ENP-19 unitaires ou en chargeurs MX ou MXR.



Outil de fixation des recouvrements latéraux tablier à tablier (se reporter à la section 3.5.4)

SDT 30



L'outil de tôlerie vertical SDT 30 est un outil de fixation des recouvrements latéraux des tôles et des ossatures. Utilisé conjointement avec le DX 860-HSN ou le DX 860-ENP-L, il permet la fixation mécanique des tôles à une cadence élevée. Le SDT 30 permet de poser de façon uniforme jusqu'à 50 vis de couturage Hilti dans les tôles à recouvrement chevauché n° 16 à n° 26 avant de devoir être rechargé. De construction robuste, mais confortable, il dispose d'un limiteur de couple à 18 positions qui permet d'assurer des assemblages de qualité uniforme. Dans un marché où la concurrence est féroce, le SDT 30 permet des gains de productivité importants, ce qui est essentiel pour réaliser les travaux à temps en respectant les budgets.



3.5.1.3.3 Sélection des cartouches et du niveau de puissance

Lors de la pose des fixateurs de scellement au pistolet à poudre, il est important de s'assurer que la saillie de la tête, h_{NVS}, se trouve dans les limites prescrites. Le guide de réglage de la puissance Hilti, illustré à la figure 13, constitue une aide précieuse en matière d'assurance de la qualité pour le contremaître d'installation de tablier. Ce guide sert principalement au réglage de la puissance du pistolet de scellement à poudre. Pour choisir la cartouche et le niveau de puissance appropriés, on installe, avant le début des travaux, des fixateurs d'essai dans un matériau support représentatif, puis on mesure la saillie de tête, h_{NVS}. Il s'agit d'une étape essentielle, compte tenu de la variabilité des valeurs de résistance de l'acier de charpente (F_y, F_u) et de l'épaisseur des éléments. En consacrant du temps dès le départ à cette tâche et en choisissant le système de fixation qui convient aux matériaux utilisés sur le chantier, on peut éviter la plupart des problèmes de fixation. On conseille aussi au contremaître de vérifier régulièrement le travail pendant l'installation afin de repérer les défauts avant que de grandes parties du tablier soient mal fixées. Si on ne choisit pas les éléments qui conviennent (fixateur, cartouche et niveau de puissance de l'outil) avant d'entreprendre les travaux, cela peut diminuer l'uniformité de la qualité de fixation.

Avant le début des travaux, l'installateur doit poser un fixateur d'essai et vérifier la valeur de h_{NVS} en consultant le guide de réglage de la puissance Hilti. Il règle ensuite, au besoin, la puissance ou la force qui entraîne le fixateur dans l'acier support. Il y a deux façons de modifier la puissance. La première consiste à utiliser une cartouche de couleur différente et la deuxième, à régler la puissance directement sur l'outil.

Les couleurs de cartouches offertes pour les outils de tôlerie Hilti sont, dans l'ordre croissant de la puissance, jaune, bleu, rouge et noir. Tous les outils de tôlerie Hilti sont munis d'un bouton de réglage de la puissance allant de 1 à 4.

Les figures 14 et 15 donnent à l'installateur des indications sur la couleur de cartouche et la puissance de réglage recommandées pour la pose des fixateurs Hilti dans les solives composées et l'acier de charpente. Ces lignes directrices permettent à l'installateur de mettre à l'essai les fixateurs, comme il est indiqué ci-dessus, et de s'assurer qu'il a bien en main sur le chantier les cartouches de la couleur appropriée.



Figure 13 : Guide de réglage de la puissance Hilti

Épaisseur du matériau support t_{II} [pouces]

X-EDN19	X-EDNK22
3/8 po – 5/16 po : Noir 2	1/4 po – 3/16 po : Rouge 4 ou noir 1
5/16 po – 3/16 po : Jaune 4	3/16 po – 1/8 po : Jaune 4

Figure 14 : Lignes directrices pour la sélection des cartouches et du niveau de puissance : pose de fixateurs dans les solives composées au moyen du DX 860-HSN[1]

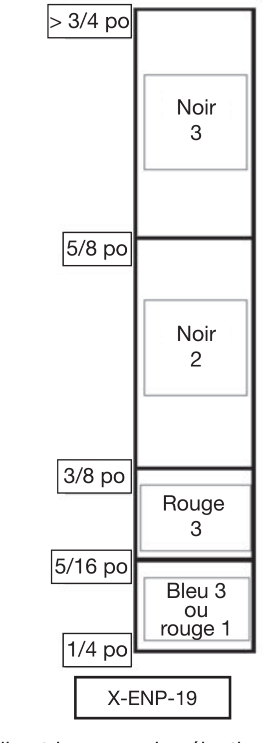


Figure 15 : Lignes directrices pour la sélection des cartouches et du niveau de puissance : pose de fixateurs dans l'acier de charpente[1]

1 Les cartouches recommandées pour le fixateur X-ENP-19 conviennent à tous les outils de tôlerie Hilti actuels utilisés pour la fixation dans l'acier de charpente. Les cartouches recommandées pour les fixateurs X-EDN-19 et X-EDNK-22 conviennent au DX 860-HSN. Dans le cas de l'outil DX 460-SM, les cartouches recommandées figurent dans le mode d'emploi. **Ces recommandations ne sont données qu'à titre indicatif; elles nécessitent une vérification au chantier.**



3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.4 Proposition de devis pour tablier de toit

Gérant de comptes Hilti :	Date :
Téléphone :	DDAATT :
Installateur de tablier :	Ingénieur régional externe de Hilti :
Personne-ressource (nom, prénom) :	Téléphone :
Installateur formé par Hilti : l Oui l Non, veuillez inscrire la formation au calendrier	Télécopieur/courriel :
Ingénieur responsable :	Personne-ressource (nom, prénom) :
Téléphone :	Télécopieur/courriel :
Nom du projet :	Code postal du projet :
Superficie totale :	Fabricant des tôles :
Code du bâtiment : ☐ IBC 2012 ☐ IBC 2009 ☐ IBC 2006 ☐ Autre	Code de référence : ☐ SDI ☐ ICC-ES ☐ ICTAB ☐ Autre

Destinataire de la proposition : ☐ Installateur de tablier ☐ Gérant de comptes ☐ Autre : ____________________

Zone _______ Portée des supports (pi) _______ Acier des supports Solive composée ☐ Profilé ☐ **Résistance au cisaillement calculée du diaphragme (plf) ________**

Ossature supp. : ☐ X-ENP-19 ☐ X-EDN19/X-EDNK22 Recouvr. lat. supp. : ☐ Hilti SLC ☐ Vis n° 10 ☐ Vis n° 12 ☐ Embossage ☐ Système d'embossage exclusif ☐ Exposition aux intempéries

Type de tablier	Calibre de tôle	Type d'ossature	Patron d'ossature	Type de recouvr. lat.	Patron de recouvr. lat.	Épaiss. support
☐ B (1,5 po)	☐ 24	☐ 1/2 po PW	☐ 36 / ☐ 9	☐ Vis n° 10	☐ _____/portée	☐ < 3/16 po
☐ BI (1,5 po)	☐ 22	☐ 5/8 po PW	☐ 30 / ☐ 7	☐ Vis n° 12	☐ _____po entraxe	☐ 3/16 po
☐ N (3 po)	☐ 20	☐ 3/4 po PW	☐ 24 / ☐ 5	☐ Embossage		☐ 1/4 po
☐ Autre	☐ 18	☐ Vis n° 12 ou 14	☐ __ / ☐ 4	☐ Soudure linéaire supérieure _______po		☐ 5/16 po
	☐ 16	☐ Autre	☐ 3	☐ Système d'embossage exclusif		☐ 3/8 po
			☐ __	☐ Autre		☐ > 3/8 po

Zone _______ Portée des supports (pi) _______ Acier des supports Solive composée ☐ Profilé ☐ **Résistance au cisaillement calculée du diaphragme (plf) ________**

Ossature supp. : ☐ X-ENP-19 ☐ X-EDN19/X-EDNK22 Recouvr. lat. supp. : ☐ Hilti SLC ☐ Vis n° 10 ☐ Vis n° 12 ☐ Embossage ☐ Système d'embossage exclusif ☐ Exposition aux intempéries

Type de tablier	Calibre de tôle	Type d'ossature	Patron d'ossature	Type de recouvr. lat.	Patron de recouvr. lat.	Épaiss. support
☐ B (1,5 po)	☐ 24	☐ 1/2 po PW	☐ 36 / ☐ 9	☐ Vis n° 10	☐ _____/portée	☐ < 3/16 po
☐ BI (1,5 po)	☐ 22	☐ 5/8 po PW	☐ 30 / ☐ 7	☐ Vis n° 12	☐ _____po entraxe	☐ 3/16 po
☐ N (3 po)	☐ 20	☐ 3/4 po PW	☐ 24 / ☐ 5	☐ Embossage		☐ 1/4 po
☐ Autre	☐ 18	☐ Vis n° 12 ou 14	☐ __ / ☐ 4	☐ Soudure linéaire supérieure _______po		☐ 5/16 po
	☐ 16	☐ Autre	☐ 3	☐ Système d'embossage exclusif		☐ 3/8 po
			☐ __	☐ Autre		☐ > 3/8 po

Zone _______ Portée des supports (pi) _______ Acier des supports Solive composée ☐ Profilé ☐ **Résistance au cisaillement calculée du diaphragme (plf)**

Ossature supp. : ☐ X-ENP-19 ☐ X-EDN19/X-EDNK22 Recouvr. lat. supp. : ☐ Hilti SLC ☐ Vis n° 10 ☐ Vis n° 12 ☐ Embossage ☐ Système d'embossage exclusif ☐ Exposition aux intempéries

Type de tablier	Calibre de tôle	Type d'ossature	Patron d'ossature	Type de recouvr. lat.	Patron de recouvr. lat.	Épaiss. support
☐ B (1,5 po)	☐ 24	☐ 1/2 po PW	☐ 36 / ☐ 9	☐ Vis n° 10	☐ _____/portée	☐ < 3/16 po
☐ BI (1,5 po)	☐ 22	☐ 5/8 po PW	☐ 30 / ☐ 7	☐ Vis n° 12	☐ _____po entraxe	☐ 3/16 po
☐ N (3 po)	☐ 20	☐ 3/4 po PW	☐ 24 / ☐ 5	☐ Embossage		☐ 1/4 po
☐ Autre	☐ 18	☐ Vis n° 12 ou 14	☐ __ / ☐ 4	☐ Soudure linéaire supérieure _______po		☐ 5/16 po
	☐ 16	☐ Autre	☐ 3	☐ Système d'embossage exclusif		☐ 3/8 po
			☐ __	☐ Autre		☐ > 3/8 po

Remarques

Transmettre les formulaires remplis au Soutien technique de Hilti par télécopieur au numéro 918-459-3004 ou par courriel à l'adresse deck@Hilti.com.

3.5.1.5 Proposition de devis pour tablier de plancher

Gérant de comptes Hilti :	Date :
Téléphone :	DDAATT :
Installateur de tablier :	Ingénieur régional externe de Hilti :
Personne-ressource (nom, prénom) :	Téléphone :
Installateur formé par Hilti : ☐ Oui ☐ Non, veuillez inscrire la formation au calendrier	Télécopieur/courriel :
Ingénieur responsable :	Personne-ressource (nom, prénom) :
Téléphone :	Télécopieur/courriel :
Nom du projet :	Code postal du projet :
Superficie totale :	Fabricant des tôles :
Code du bâtiment : ☐ IBC 2012 ☐ IBC 2009 ☐ IBC 2006 ☐ Autre	Code de référence : ☐ SDI ☐ ICC-ES ☐ ICTAB ☐ Autre

Destinataire de la proposition : ☐ Installateur de tablier ☐ Gérant de comptes ☐ Autre : ____________________

Zone _______ **Portée des supports (pi)** _______ **Acier des supports** Solive composée ☐ Profilé ☐ **Résistance au cisaillement calculée du diaphragme (plf)**________

Ossature supp. : ☐ X-ENP-19 ☐ X-EDN19/X-EDNK22

Recouvr. lat. supp. : ☐ Hilti SLC ☐ Vis n° 10 ☐ Vis n° 12 ☐ Embossage ☐ Système d'embossage exclusif

Type de tablier	**Calibre de tôle**	**Type d'ossature**	**Patron d'ossature**	**Type de recouvr. lat.**	**Patron de recouvr. lat.**	**Épaiss. support**
☐ B (1,5 po)	☐ 28	☐ 1/2 po PW	☐ 36 / ☐ 9	☐ Vis n° 10	☐ _____/portée	☐ < 3/16 po
☐ BI (1,5 po)	☐ 26	☐ 5/8 po PW	☐ 30 / ☐ 7	☐ Vis n° 12	☐ _____po entraxe	☐ 3/16 po
☐ N (3 po)	☐ 24	☐ 3/4 po PW	☐ 24 / ☐ 5	☐ Embossage		☐ 1/4 po
☐ 2 po x 12 po	☐ 22	☐ Vis n° 12 ou 14	☐ __ / ☐ 4	☐ Soudure linéaire supérieure____ po		☐ 5/16 po
☐ 3 po x 12 po	☐ 20	☐ Autre	☐ 3	☐ Autre		☐ 3/8 po
☐ 9/16 po	☐ 18		☐ __			☐ > 3/8 po
☐ Autre	☐ 16					

☐ Béton de densité normale . . . . . ☐ 3 000 psi
☐ Béton léger . . . . ☐ 3 500 psi
☐ 4 000 psi

________(pouces) d'épaisseur de béton sur la cannelure supérieure

☐ Béton isolant . . . . ☐ 130 psi

☐ Fonder les calculs sur les connecteurs de cisaillement présents dans les plans.
Tablier fixé selon un patron 36/4 et couturé par embossage à 36 po maximum d'entraxe.
Se reporter au rapport ICC-ES ESR-2197, tableaux 16 à 20, pour obtenir plus de renseignements.

Armature de cisaillement minimale du béton ☐ 0,00075 $b_w s^2$ ☐ 0,00025 $b_w s^2$

Entraxe minimal moyen des connecteurs de cisaillement ☐ 12 po ☐ 18 po ☐ 24 po ☐ 30 po ☐ 36 po

Treillis soudé minimal pour obtenir le cisaillement aux tableaux
☐ 6 x 6 – W 1,4 x W 1,4
☐ 6 x 6 – W 2,0 x W 2,0
☐ 6 x 6 – W 2,9 x W 2,9
☐ 6 x 6 – W 4,0 x W 4,0
☐ 4 x 4 – W 4,0 x W 4,0
☐ 6 x 6 – W 7,5 x W 7,5
☐ 6 x 6 – W 8,3 x W 8,3

Remarques

Transmettre les formulaires remplis au Soutien technique de Hilti par télécopieur au numéro 918-459-3004 ou par courriel à l'adresse deck@Hilti.com.

3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.6 Estimation du nombre de fixateurs

Tableau 4 – Fixateurs d'ossature par carré de toit[1,2,3]

Patron de fixation	Entraxe des fixateurs	Espacement des supports, pi							
		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	8,0
36/11	6 po	78	69	63	59	53	50	46	40
36/9	6 po	61	56	50	45	43	39	36	33
36/7	6 po	53	48	43	39	37	34	32	28
36/5	6-12-12-6	37	33	30	28	26	24	23	20
36/4	12 po	29	26	22	22	21	19	18	16
36/3	18 po	21	19	17	16	15	14	13	12
30/6	6 po	53	48	43	39	37	34	32	28
30/4	6-18-6	34	30	28	26	24	22	21	19
30/3	12-18	24	22	20	19	17	16	15	14
24/5	6 po	53	48	43	39	37	34	32	28
24/3	6 po	29	26	22	22	21	19	18	16
24/4	8 po	41	37	34	31	29	27	25	22

1 Le logiciel Profis DF Diaphragm de Hilti permet également d'estimer le nombre de fixateurs requis.
2 Nombre approximatif pour un carré de tablier, soit une superficie de 100 pi². Ne tient compte d'aucune perte. Calculs pour des fixations périmétriques à un entraxe de 12 po.
3 Pour les recouvrements à emboîtement, ajouter 15 % aux valeurs données.

3.5.1.7 Dimensions courantes des tôles

Tableau 5 – Types et dimensions de tablier en acier courants[1,3]

Type de tablier	Épaisseur courante	Dimensions standard
B	Cal. 16 à 24	6 po; 2,5 po; 1,5 po; 1,75 po; 36 po
BI	Cal. 16 à 24	6 po; 1,75 po; 2,5 po; 3,5 po; 1,5 po; 36 po
N	Cal. 16 à 22	8 po; 2,75 po; 3 po; 1,75 po; 24 po; 0,75 po
F	Cal. 18 à 22	6 po; 1,5 po; 1,75 po; 0,5 po; 36 po
Tablier composite	Cal. 16 à 22	12 po; 3 po; 7,25 po; 1 po; 0,75 po; 4,75 po; 36 po
Tablier à coffrage	Cal. 24 à 28	9/16 po; 1,5 po; 2,5 po; 1 po; 30 po

Estimation du nombre de vis de couturage

Pour estimer le nombre de vis nécessaire pour le recouvrement latéral d'un projet de couverture ou de plancher en tôle, multiplier la superficie totale du tablier en pieds carrés par le nombre de vis d'assemblage requis par portée, puis diviser le résultat par le produit de la largeur de tôle et de l'espacement des solives (tous deux en pieds). Il est également recommandé de prévoir une réserve de 5 % pour tenir compte du gaspillage et des pertes.

Exemple :

Superficie totale :. . . . . . . 50 000 pieds carrés

Largeur de tôle : . . . . 36 po = 3 pi

Espacement des solives : 5 pi

Nombre de vis de couturage par portée : 5

Nombre de vis requis = $\frac{50\,000\ pi^2}{3\ pi \times 5\ pi} \times 5 \times 1{,}05 = 17\,500$

Tableau 6 – Équivalents en pouces et en millimètres des calibres d'épaisseur des tôles[2,3]

Calibre (nº)	Épaisseur nominale des tôles, t po (mm)
16	**0,0598** (1,52)
18	**0,0474** (1,21)
20	**0,0358** (0,91)
22	**0,0295** (0,76)
24	**0,0239** (0,61)
26	**0,0179** (0,45)
28	**0,0149** (0,38)

1 Dimensions types indiquées. Cependant, l'ingénieur en structures doit toujours vérifier auprès du fabricant de tôles les dimensions du produit utilisé, car elles peuvent varier d'un fournisseur à l'autre.
2 Équivalents en pouces tirés du manuel *Diaphragm Design Manual* publié par le SDI. Équivalents en millimètres tirés du manuel *Design of Steel Deck Diaphragms* publié par l'ICTAB.
3 Grâce au logiciel Profis DF Diaphragm de Hilti, il est possible d'effectuer les calculs pour produire des tables de résistance au cisaillement du diaphragme avec les profilés de tablier et les calibres de tôle indiqués.

3.5.1.8 Calculs du cisaillement et de la rigidité des diaphragmes

Contexte : Un programme d'essai en laboratoire indépendant de grande envergure a été mené pour évaluer le rendement des diaphragmes de tablier en acier fixés à l'aide de fixateurs Hilti. Le programme comprenait des essais du système de diaphragmes en vraie grandeur menés conformément à l'ICC-ES AC43, ainsi que des essais de cisaillement comparatifs de joint de recouvrement sur de petits éléments menés conformément à la norme AISI S905, *Test Methods for Mechanically Fastened Cold-Formed Steel Connections*. Les données d'essai obtenues des essais sur des diaphragmes en vraie grandeur et de petits éléments ont été analysées et des équations prévisionnelles ont été mises au point pour la résistance et la rigidité du système de diaphragmes de tablier en acier.

En raison de leur simplicité et de leur utilisation générale, les équations de la méthode de la 3e édition du manuel *Diaphragm Design Manual* publié par le Steel Deck Institute (SDI) (DDM03) servent de base pour déterminer la résistance et la rigidité des diaphragmes de tablier en acier. Des valeurs de résistance et de rigidité des fixateurs Hilti particuliers et des facteurs de pondération de corrélation des données d'essai ont été mis au point pour assurer une précision des résultats d'essai de 95 % ou plus conformément aux exigences de l'ICC-ES AC43.

Les données de calcul résultantes sont consignées dans la présente section ainsi que dans les rapports ICC-ES ESR-2776 (vis SLC Hilti) et ESR-2197 (vis HWH n° 10 Hilti).

Calcul : Les équations utilisées pour le calcul de la résistance (S) et du facteur de rigidité (G') ou de flexibilité (F) des diaphragmes de tablier en acier avec les fixateurs pistoscellés X-EDNK22 THQ12, X-EDN19 THQ12 ou X-ENP-19 L15 Hilti et les vis de couturage (SLC) Hilti sont fournies. Les numéros des équations entre parenthèses correspondent aux numéros des équations figurant dans le manuel DDM03 du SDI. Les variables des équations de calcul nécessaires lors des applications courantes des diaphragmes de tablier en acier sont données aux tableaux 7 à 9. Les facteurs de conversion pour le calcul aux contraintes admissibles (ASD), le calcul des facteurs de résistance de charge (LRFD) et le calcul aux états limites (LSD) fournis au tableau 11 doivent être appliqués aux valeurs déterminées à partir des équations de calcul afin de produire la résistance admissible au cisaillement du diaphragme, S_{ASD} ou la résistance pondérée au cisaillement du diaphragme, S_{LRFD} ou S_{LSD}, respectivement. Les valeurs de résistance au cisaillement calculées des diaphragmes S_{ASD}, S_{LRFD} ou S_{LSD} ne tiennent pas compte du flambage des tabliers en acier et doivent être comparées à la valeur de résistance au cisaillement de flambage appropriée, $S_{flambage}$, donnée au tableau 12. Se reporter aux sections 3.5.2 et 3.5.3 pour les tables de résistance au cisaillement et de rigidité des diaphragmes précalculées pour les fixateurs X-EDN19/X-EDNK22 et X-ENP-19, respectivement.

Les équations de calcul et les valeurs de charge figurant dans la présente section touchent les panneaux de tablier en acier de 36 po de largeur à nervures de 1 1/2 po de largeur (tablier B ou tablier BI) et se limitent aux patrons de fixation illustrés à la figure 16 et aux entraxes des vis de couturage supérieurs à 3 po conformément au tableau 10.

Pour les autres conditions de diaphragmes de tablier en acier (p. ex. profilé de tablier, calibre de tôle, remplissage de béton, etc.), non représentées dans les tableaux de la présente section, utiliser le logiciel Profis DF Diaphragm de Hilti ou se reporter au rapport ICC-ES ESR-2197.

Équations de calcul de la résistance des diaphragmes de tablier en acier :

$$S_{ne} = \frac{P_n}{\ell} = (2 \times \alpha_1 + 2 \times \alpha_2 + n_e) \times \frac{Q_f}{\ell}\text{, plf} \qquad \text{(Éq. 2.2-2)}$$

$$S_{ni} = \{2 \times A \times (\lambda - 1) + B\} \times \frac{Q_f}{\ell}\text{, plf} \qquad \text{(Éq. 2.2-4)}$$

$$S_{nc} = Q_f \times \sqrt{\frac{N^2 \times B^2}{\ell^2 \times N^2 + B^2}}\text{, plf} \qquad \text{(Éq. 2.2-5)}$$

S_n = le moins de S_{ne}, S_{ni}, et S_{nc}, plf

$S = c \times S_n$, plf

avec :

$$B = n_s \times \alpha_s + \frac{1}{w^2} \times [\,2 \times 2 \times \Sigma\,(x_p^{\,2}) + 4\,\Sigma\,(x_e^{\,2})\,]$$

$$\lambda = 1 - \frac{1{,}5 \times \ell_v}{240 \times \sqrt{t}} \geq 0{,}7 \qquad \alpha_s = \frac{Q_s}{Q_f}$$

où :

t = épaisseur nominale du tablier en acier, po (se reporter au tableau 6)

w = largeur de tablier

N = nombre de fixateurs par longueur unitaire sur toute la largeur, pi^{-1}

$x_e = x_p$ = distance entre l'axe d'un panneau et tout fixateur dans un panneau aux supports d'extrémité (x_e) ou de panne (x_p)

S = résistance nominale au cisaillement de diaphragme, plf

ℓ_v = portée, pi $\qquad$ ℓ = longueur de panneau = 3 x ℓ_v, pi

$n_e = n_s = 3 \times \ell_v \times 12 \div$ (entraxe des vis de couturage en pouces)

c = facteur de corrélation pour l'effet du système de diaphragmes

Se reporter aux tableaux 7 et 8 pour la description et les valeurs des autres variables pour des conditions courantes.

Soulèvement et charge combinée : Les charges admissibles permettant de résister aux forces de soulèvement sont données dans les sections propres à chaque fixateur d'ossature. Se reporter à la section 4.10 du manuel DDM03 du SDI pour connaître l'interaction combinée entre le soulèvement dû à la traction et le cisaillement des diaphragmes. Les calculs du soulèvement et de la charge combinée sont illustrés dans l'exemple de problème donné à la fin de la présente section, aux pages 114 et 115.





3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

Équations de calcul des facteurs de rigidité et de flexibilité des diaphragmes de tablier en acier :

$$G' = \frac{E \times t}{3{,}78 + 0{,}9 \times D_n + C}, \text{ kips/po} \qquad \text{(Éq. 3.3-3)}$$

$$F = \frac{1\,000}{G'}, \text{ micropouces/lb}$$

E = module d'élasticité de l'acier = 29 500 ksi

Avec :

$$C = 29\,500 \times \frac{t}{w} \times S_f \times \left(\frac{1}{\alpha_1 + \alpha_2 + n_s \times \frac{S_f}{S_s}} \right) \times \ell \times 12 \qquad \text{(Éq. 3.3-1)}$$

$$D_n = \frac{D}{\ell \times 12} \qquad \text{(Éq. 3.3-2)}$$

Se reporter aux tableaux 7 et 9 pour la description et les valeurs des autres variables pour des conditions courantes.

Tableau 7 – Valeurs des variables de l'équation de la résistance (S) et du facteur de rigidité (G') des diaphragmes

Type de tablier	Patron de fixation	Facteur de distribution α_1 – extrémité	Facteur de distribution α_2 – panne	Σx_e^2, po²	Σx_p^2, po²	A	N, pi⁻¹	Constante D-gauchissement, po			
								Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18	Cal. 16
Tablier B ou tablier BI à cannelures de 1 1/2 po de largeur	**36/11**	3,667	3,667	1 944	1 944	2	3,000	1 548	1 164	756	540
	36/9	3,000	3,000	1 656	1 656	2	2,333	1 548	1 164	756	540
	36/7	2,000	2,000	1 008	1 008	1	2,000	1 548	1 164	756	540
	36/5	1,667	1,667	936	936	1	1,333	9 096	6 804	4 464	3 144
	36/4	1,333	1,333	720	720	1	1,000	12 864	9 624	6 312	4 452
	36/3	1,000	1,000	648	648	1	0,667	26 508	19 824	13 008	9 180

Tableau 8 – Valeurs des variables de l'équation de la résistance (S) des diaphragmes

Configuration				Calibre de tôle (pouces)							
				22 (0,0295)		20 (0,0358)		18 (0,0474)		16 (0,0598)[3]	
Type de tablier	Résistance à la traction (élasticité) min., ksi	Épaisseur du matériau support des fixateurs d'ossature, po	vis de couturage[1,2]	Q_f, pi	Q_s, lb	Q_f, pi	Q_s, lb	Q_f, pi	Q_s, lb	Q_f, pi	Q_s, lb
				Facteur de corrélation, c		Facteur de corrélation, c		Facteur de corrélation, c		Facteur de corrélation, c	
B	45 (33)	X-EDNK22 1/8 ≤ t_f < 3/16	Hilti SLC	1 357	844	1 824	1 260	1 865	1 701	–	–
				1,155		1,172		1,203		–	
		X-EDNK22 3/16 ≤ t_f ≤ 1/4	Hilti SLC	1 590	844	2 107	1 260	2 663	1 701	3 035	2 024
				1,121		1,102		1,066		1,028	
		X-EDN19 3/16 ≤ t_f ≤ 3/8	Hilti SLC	1 590	844	2 107	1 260	2 663	1 701	3 035	2 024
				1,121		1,102		1,066		1,028	
		X-ENP-19 t_f ≥ 1/4	Hilti SLC	1 597	844	2 112	1 260	2 764	1 701	3 079	2 024
				1,257		1,204		1,106		1,000	
	92 (80)	X-EDNK22 1/8 ≤ t_f < 3/16	Hilti SLC	1 357	844	1 824	1 260	1 865	1 701	–	–
				1,155		1,172		1,203		–	
		X-EDNK22 3/16 ≤ t_f ≤ 1/4	Hilti SLC	1 941	954	2 208	1 341	2 698	1 859	3 095	2 343
				1,052		1,054		1,058		1,062	
		X-EDN19 3/16 ≤ t_f ≤ 3/8	Hilti SLC	1 941	954	2 208	1 341	2 698	1 859	3 095	2 343
				1,052		1,054		1,058		1,062	
		X-ENP-19 t_f ≥ 1/4	Hilti SLC	1 964	954	2 165	1 341	3 022	1 859	3 577	2 343
				1,197		1,166		1,108		1,046	
BI	45 (33)	X-EDNK22 1/8 ≤ t_f < 3/16	Hilti SLC	1 357	844	1 712	1 111	1 865	1 591	–	–
				1,155		1,172		1,203		–	
		X-EDNK22 3/16 ≤ t_f ≤ 1/4	Hilti SLC	1 516	882	1 712	1 111	2 450	1 591	2 553	2 051
				1,284		1,233		1,140		1,040	
		X-EDN19 3/16 ≤ t_f ≤ 3/8	Hilti SLC	1 516	882	1 712	1 111	2 450	1 591	2 553	2 051
				1,284		1,233		1,140		1,040	
B ou BI	45 à 92 (33 à 80)	X-EDNK22 ou X-EDN19 1/8 ≤ t_f ≤ 3/8	Vis HWH nº 10 Hilti	1 489	633	1 795	769	2 348	1 018	2 924	1 284
				1,000		1,000		1,000		1,000	
		X-ENP-19 t_f ≥ 1/4	Vis HWH nº 10 Hilti	1 603	633	1 933	769	2 529	1 018	3 149	1 284
				1,000		1,000		1,000		1,000	

1 L'entraxe des vis de couturage doit répondre aux exigences du tableau 10.

2 Se reporter au tableau 3 et à la section 3.5.4 pour obtenir plus de renseignements sur la sélection des vis de couturage (SLC) Hilti.

3 Pour les tabliers de calibre 16, les valeurs de Q_f, Q_s et c figurant au tableau pour les fixateurs X-EDNK22 et X-EDN19 ainsi que pour les vis de couturage Hilti ne sont valides que pour les portées supérieures à 7 pi 6 po. Pour les portées inférieures à 7 pi 6 po, utiliser Q_f = 2 924 lb, Q_s = 1 452 lb et c=1 000.

Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

Tableau 9 – Valeurs des variables de l'équation des facteurs de rigidité (G') et de flexibilité (F) des diaphragmes

Configuration				Calibre de tôle (pouces)			
				22 (0,0295)	20 (0,0358)	18 (0,0474)	16 (0,0598)[3]
Type de tablier	Résistance à la traction (élasticité) min., ksi	Fixateur d'ossature	Vis de couturage[1]	S_f, po/kip	S_f, po/kip	S_f, po/kip	S_f, po/kip
				S_s, po/kip	S_s, po/kip	S_s, po/kip	S_s, po/kip
B ou BI	45 à 92 (33 à 80)	X-EDNK22 ou X-EDN19	Vis SLC Hilti ou vis HWH nº 10 Hilti	0,0073	0,0066	0,0057	0,0051
				0,0175	0,0159	0,0138	0,0123
		X-ENP-19	Vis SLC Hilti ou vis HWH nº 10 Hilti	0,0044	0,0040	0,0034	0,0030
				0,0175	0,0159	0,0138	0,0123

1 Se reporter au tableau 3 et à la section 3.5.4 pour obtenir plus de renseignements sur la sélection des vis de couturage (SLC) Hilti.

Tableau 10 – Entraxe minimal recommandé des vis de couturage (entraxe, pouces) pour les types de tabliers B ou BI avec une résistance à la traction (f_u) variant de 45 à 92 ksi

Épaisseur du matériau support des fixateurs d'ossature, po	Calibre de tôle	Patron de fixation d'ossature											
		36/3		36/4		36/5		36/7		36/9		36/11	
		SLC[1]	Nº 10	SLC[1]	Nº 10	SLC[1]	Nº 10	SLC[1]	Nº 10	SLC[1]	Nº 10	SLC[1]	Nº 10
X-EDNK22 1/8 ≤ t_f < 3/16	22	–	–	≥ 12	≥ 6	≥ 12	≥ 6	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3
	20												
	18												
	16			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
X-EDNK22 3/16 ≤ t_f ≤ 1/4	22	≥ 12	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
	20	–	–	≥ 12	≥ 3	≥ 12	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3
	18			≥ 18	≥ 6	≥ 18	≥ 6	≥ 12	≥ 6	≥ 12	≥ 6	≥ 12	≥ 6
	16			–	–	–	–	≥ 18	≥ 12	≥ 18	≥ 12	≥ 12	≥ 12
X-EDN19 3/16 ≤ t_f ≤ 3/8	22	≥ 12	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
	20	–	–	≥ 12	≥ 3	≥ 12	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3
	18			≥ 18	≥ 6	≥ 18	≥ 6	≥ 12	≥ 6	≥ 12	≥ 6	≥ 12	≥ 6
	16			–	–	–	–	≥ 18	≥ 12	≥ 18	≥ 12	≥ 12	≥ 12
X-ENP-19 t_f ≥ 1/4	22	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3
	20												
	18												
	16												

1 Des entraxes de vis de couturage Hilti inférieurs à ceux figurant au tableau peuvent être utilisés. Les entraxes figurant au tableau doivent être utilisés dans le calcul de la résistance au cisaillement du diaphragme lorsque les valeurs Q_f, Q_s et c tirées du tableau 8 sont utilisées. Sinon, uniquement lorsque les entraxes des vis de couturage sont inférieurs à ceux figurant au tableau, les valeurs Q_f, Q_s et c tirées du tableau 8 peuvent être remplacées par les valeurs suivantes.

X-EDNK22 THQ12 ou X-EDN19 THQ12 – Tous les types de tabliers, de résistances et d'épaisseurs d'acier support énumérés au tableau 8
- Calibre 22 (0,0295 po) - Q_f = 1 489 lb, Q_s = 716 lb, c = 1,000
- Calibre 20 (0,0358 po) - Q_f = 1 795 lb, Q_s = 869 lb, c = 1,000
- Calibre 18 (0,0474 po) - Q_f = 2 348 lb, Q_s = 1 151 lb, c = 1,000
- Calibre 16 (0,0598 po) - Q_f = 2 924 lb, Q_s = 1 452 lb, c = 1,000

X-ENP-19 L15 – Tous les types de tabliers, de résistances et d'épaisseurs d'acier support énumérés au tableau 8
- Calibre 22 (0,0295 po) - Q_f = 1 603 lb, Q_s = 716 lb, c = 1,000
- Calibre 20 (0,0358 po) - Q_f = 1 933 lb, Q_s = 869 lb, c = 1,000
- Calibre 18 (0,0474 po) - Q_f = 2 529 lb, Q_s = 1 151 lb, c = 1,000
- Calibre 16 (0,0598 po) - Q_f = 3 149 lb, Q_s = 1 452 lb, c = 1,000



3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

Tableau 11 – Facteurs de conversion pour le calcul aux contraintes admissibles (ASD), le calcul des facteurs de résistance de charge (LRFD) et le calcul aux états limites (LSD)

Méthode de calcul	Pour	Multiplier la résistance au cisaillement calculée du diaphragme par[1,2]
La méthode ASD	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à des charges sismiques ou à des combinaisons de charges qui comprennent des charges sismiques	0,400
	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à des charges dues au vent ou à des combinaisons de charges qui comprennent des charges dues au vent	0,426
	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à toutes les autres combinaisons de charges	0,400
LRFD	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à des charges sismiques ou à des combinaisons de charges qui comprennent des charges sismiques	0,650
	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à des charges dues au vent ou à des combinaisons de charges qui comprennent des charges dues au vent	0,700
	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à toutes les autres combinaisons de charges	0,650
LSD	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à des charges sismiques ou à des combinaisons de charges qui comprennent des charges sismiques	0,600
	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à des charges dues au vent ou à des combinaisons de charges qui comprennent des charges dues au vent	0,650
	Les diaphragmes assemblés mécaniquement à une structure soumise à toutes les autres combinaisons de charges	0,600

1 Facteurs de conversion déterminés à partir du tableau D5 de la norme AISI S100.

2 Les valeurs de résistance des diaphragmes doivent être limitées aux valeurs respectives de résistance au cisaillement des diaphragmes ASD, LRFD et LSD pour le flambage données au tableau 12.

Tableau 12 – Valeurs de résistance au cisaillement des diaphragmes ASD et LRFD (plf) et valeurs de résistance au cisaillement du diaphragme LSD (N/mm) pour le flambage, $S_{flambage}$[1,2]

Type de tablier en acier	Calibre de tôle	Moment d'inertie, I mm^4/mm	Portée, ℓ_v (pi po)									
			3 pi 0 po	4 pi 0 po	5 pi 0 po	6 pi 0 po	7 pi 0 po	8 pi 0 po	9 pi 0 po	10 pi 0 po	11 pi 0 po	12 pi 0 po
ASD (PLF)												
Cannelures de 1 1/2 pouce de profondeur, entraxe de 6 pouces	22	0,152	8444	4750	3040	2111	1551	1188	938	760	628	528
	20	0,198	11 000	6 188	3 960	2 750	2 020	1 547	1 222	990	818	688
	18	0,284	15 778	8 875	5 680	3 944	2 898	2 219	1 753	1 420	1 174	986
	16	0,355	19 720	11 094	7 100	4 931	3 622	2 773	2 191	1 775	1 467	1 233
LRFD (PLF)												
Cannelures de 1 1/2 pouce de profondeur, entraxe de 6 pouces	22	0,152	13 511	7 600	4 864	3 378	2 482	1 900	1 501	1 216	1 005	844
	20	0,198	17 600	9 900	6 336	4 400	3 233	2 475	1 956	1 584	1 309	1 100
	18	0,284	25 244	14 200	9 088	6 311	4 637	3 550	2 805	2 272	1 878	1 578
	16	0,355	31556	17 750	11 360	7 889	5 796	4 438	3 506	2 840	2 347	1 972
Type de tablier en acier	Calibre de tôle	Moment d'inertie, I mm^4/mm	Portée, ℓ_v (mm)									
			900	1 200	1 500	1 800	2 100	2 400	2 700	3 000	3 300	3 600
LSD (N/mm)												
Cannelures de 1 1/2 pouce de profondeur, entraxe de 6 pouces	22	208	192,6	108,3	69,3	48,1	35,4	27,1	21,4	17,3	14,3	12,0
	20	270	250,0	140,6	90,0	62,5	45,9	35,2	27,8	22,5	18,6	15,6
	18	388	359,3	202,1	129,3	89,8	66,0	50,5	39,9	32,3	26,7	22,5
	16	485	449,1	252,6	161,7	112,3	82,5	63,2	49,9	40,4	33,4	28,1

1 Valeurs de charge reposant sur un coefficient de sécurité (Ω) de 2,00 pour ASD, un coefficient phi (Φ) de 0,80 pour LRFD ou un coefficient phi (Φ) de 0,75 pour LSD.

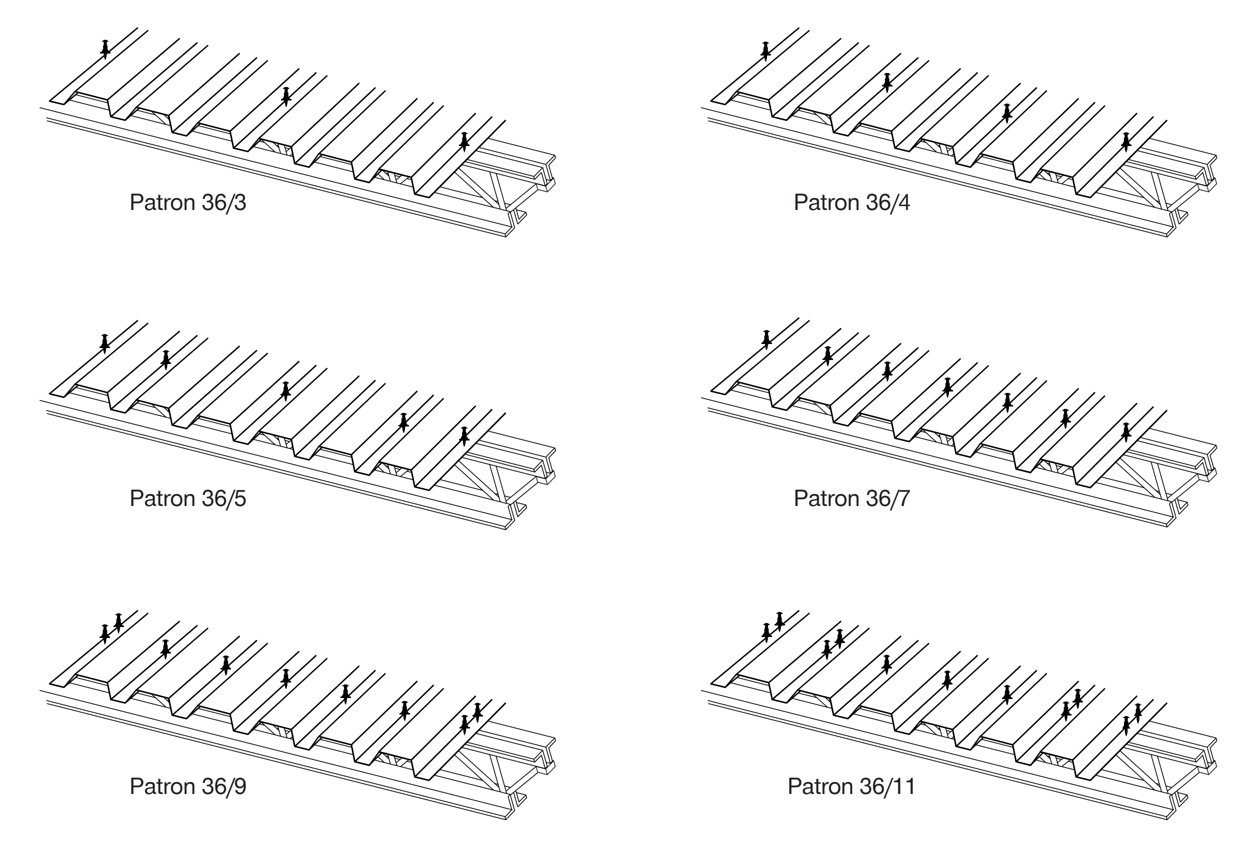
2 Les résistances au cisaillement des diaphragmes du présent tableau ne s'appliquent qu'au mode de défaillance de flambage du tablier en acier et doivent être utilisées selon les prescriptions de la section 3.5.1.8. Si les valeurs de calcul ne figurent pas au tableau, les résistances au cisaillement des diaphragmes pour le flambage peuvent être calculées à l'aide des équations suivantes :

Pour ASD, $S_{flambage} = (I \times 10^6/(\ell_v)^2) / 2{,}0$, plf

Pour LRFD, $S_{flambage} = (I \times 10^6/(\ell_v)^2) \times 0{,}8$, plf

Pour LSD, $S_{flambage} = (I \times 10^6/(\ell_v)^2) \times 0{,}75$, N/mm

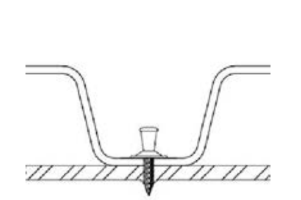
Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1



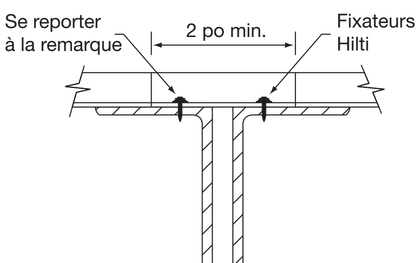
Remarque 1 : Tablier B à recouvrement chevauché illustré. L'emboîtement du tablier BI avec un recouvrement latéral vissable est également couvert par les équations traitées à la section 3.5.1.8.

Remarque 2 : Solive composée illustrée. L'assemblage aux éléments en acier de charpente est également couvert par les équations traitées à la section 3.5.1.8.

Figure 16 : Patrons de fixation d'ossature courants



17a. Fixation pistoscellée de tablier en acier sur ossature

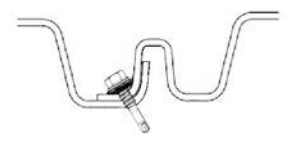


Remarque : Certains patrons peuvent nécessiter deux fixateurs par cannelure. Les fixateurs peuvent être posés d'un côté ou de l'autre de la poutre ou de la solive composée en acier de charpente.

17b. Recouvrement en bout de tablier en acier



17c. Vis de couturage avec tablier B



17d. Vis de couturage avec tablier BI vissable

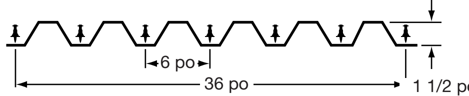
Figure 17 : Assemblages types d'ossature, recouvrement d'extrémité et recouvrement latéral

3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

Exemple de problème

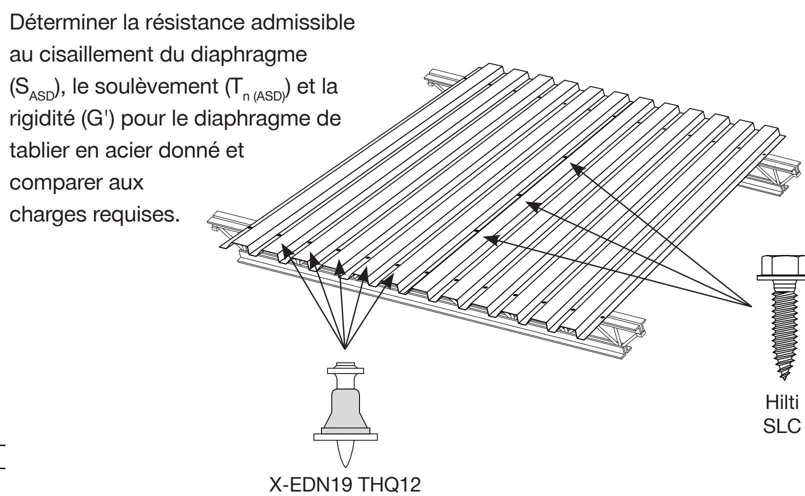
Paramètres de conception-calcul :

Type de charge : Vent
Méthode de calcul : ASD
Portée : 6 pi 0 po
Tablier : Tablier B 1 1/2 po, cal. 20 ($f_u \geq$ 45 ksi)
Acier support : Solive composée avec membrure supérieure 1/4 po
Patron de fixation d'ossature : 36/7
Entraxe des vis de couturage : 12 po c. à c.
Fixateur d'ossature : X-EDN19 THQ12
Vis de couturage : Hilti SLC
Résistance au cisaillement du diaphragme requises (Q) : 650 plf
Soulèvement requis (T) : 35 psf



Problème de conception-calcul :

Déterminer la résistance admissible au cisaillement du diaphragme (S_{ASD}), le soulèvement ($T_{n\,(ASD)}$) et la rigidité (G') pour le diaphragme de tablier en acier donné et comparer aux charges requises.



Étapes de calcul	Réf. DDM03 SDI	Guide technique HNA
Étape 1 : Calculer la résistance nominale au cisaillement du diaphragme limitée par les fixateurs de rive : Ce calcul n'est pas requis lorsque le nombre de connecteurs de rive (n_e) est égal au nombre de vis de couturage (n_s). Dans ces cas, S_{ne} ne limite pas la résistance au cisaillement du diaphragme.	Éq. 2.2-2	Sect. 3.5.1.8
Étape 2 : Calculer la résistance nominale au cisaillement du diaphragme limitée par les fixateurs de panneaux intérieurs : $S_{ni} = \{2 \times A \times (\lambda - 1) + B\} \times \frac{Q_f}{\ell} = \{2 \times 1 \times (0{,}802 - 1) + 16{,}99\} \times \frac{2\,107}{18} = 1\,942$ plf avec : $\lambda = 1 - \frac{1{,}5 \times \ell_v}{240 \times \sqrt{t}} = 1 - \frac{1{,}5 \times 6}{240 \times \sqrt{0{,}0358}} = 0{,}802 \geq 0{,}7$ $B = n_s \times \alpha_s + \frac{1}{w^2} \times [2 \times 2 \times \Sigma(x_p^2) + 4\,\Sigma(x_e^2)] = 18 \times 0{,}598 + \frac{[2 \times 2 \times 1\,008 + 4 \times 1\,008]}{36^2} = 16{,}99$ où : $n_s = n_e = \frac{3 \times \ell_v \times 12}{\text{Entraxe des vis de couturage}} = \frac{3 \times 6 \times 12}{12} = 18$ $\alpha_s = \frac{Q_s}{Q_f} = \frac{1\,260}{2\,107} = 0{,}598$	Éq. 2.2.3	Sect. 3.5.1.8 et tableaux 7 et 8
Étape 3 : Calculer la résistance nominale au cisaillement du diaphragme limitée par les fixateurs de coin : $S_{nc} = Q_f \times \sqrt{\frac{N^2 \times B^2}{\ell^2 \times N^2 + B^2}} = 2\,107 \times \sqrt{\frac{2{,}00^2 \times 16{,}99^2}{18^2 \times 2{,}00^2 + 16{,}99^2}} = 1\,798$ plf	Éq. 2.2-5	Sect. 3.5.1.8 et tableaux 7 et 8
Étape 4 : Appliquer le facteur de corrélation, c, pour déterminer la résistance nominale corrélée au cisaillement du diaphragme $S = c \times S_n = 1{,}102 \times 1\,798 = 1\,981$ plf où : S_n = le moins de S_{ne}, S_{ni} et $S_{nc} = S_{nc} = 1\,798$ plf		Sect. 3.5.1.8 et tableau 8
Étape 5 : Appliquer le facteur de conversion approprié pour déterminer la résistance admissible du diaphragme $S_{ASD\,(vent)}$ = S x facteur de conversion = 1 981 x 0,426 = 844 plf	Sect. 2.4	Tableau 11
Étape 6 : Vérifier si les mesures du flambage du tablier en acier $S_{flambage\,(ASD)}$ = 2 750 plf > $S_{ASD\,(vent)}$ donc, $S_{ASD\,(vent)}$ = 844 plf ≥ 650 plf		Tableau 12

Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie 3.5.1

Étapes de calcul	Réf. DDM03 SDI	Guide technique HNA
Étape 7 : Calculer la rigidité du diaphragme : $G' = \frac{E \times t}{3{,}78 + 0{,}9 \times D_n + C} = \frac{29\,500 \times 0{,}0358}{3{,}78 + 0{,}9 \times 5{,}39 + 3{,}65} = \boxed{86 \text{ kips/po}}$ $F = \frac{1\,000}{G'} = \frac{1\,000}{85{,}99} = 11{,}6$ micropouces/lb où : $D_n = \frac{D}{\ell \times 12} = \frac{1\,164}{18 \times 12} = 5{,}39$ $C = E \times \frac{t \times S_f}{w} \times \left(\frac{1}{\alpha_1 + \alpha_2 + n_s \times \frac{S_f}{S_s}}\right) \times \ell \times 12$ $C = 29\,500 \times \frac{0{,}0358 \times 0{,}0066}{36} \times \left(\frac{1}{2 + 2 + 18 \times \frac{0{,}0066}{0{,}0159}}\right) \times 18 \times 12 = 3{,}65$	Éq. 3.3-3	Sect. 3.5.1.8 et tableaux 7 et 9
Étape 8 : Calculer la résistance nominale aux surcharges de soulèvement : $T_n = \frac{K \times T_{n,f}}{C \times \ell_v} = \frac{6{,}00 \times 1\,305}{3 \times 6} = 435$ psf Où : K = Nombre de fixateurs d'ossature par tôle par solive/poutre = 6,00 C = largeur de la tôle = 3 pieds $T_{n,F}$ = Capacité limite de résistance à la traction = 435 lb x 3,0 = 1 305 lb	Manuel *Roof Deck Construction Handbook*	Sect. 3.5.2.3
Étape 9 : Appliquer le coefficient de sécurité du soulèvement pour déterminer la résistance admissible aux surcharges de soulèvement : $T_{n\,(ASD)} = \frac{T_n}{\Omega_{UP}} = \frac{435}{3{,}00} = \boxed{145 \text{ psf} \geq 35 \text{ plf}}$		
Étape 10 : Vérifier les charges combinées : $0{,}85 \times \left(\frac{\Omega \times Q}{S}\right) + \left(\frac{\Omega_{UP} \times T}{T_n}\right) \leq 1{,}0$ $0{,}85 \times \left(\frac{2{,}35 \times 650}{1981}\right) + \left(\frac{3{,}00 \times 35}{435}\right) \leq 1{,}0 \quad \boxed{0{,}897 \leq 1{,}0}$	Sect. 4.10	

Remarque : Le logiciel Profis DF Diaphragm de Hilti fournit des calculs complets de la résistance au cisaillement et de la rigidité des diaphragmes, au besoin.

Hilti est un chef de file de la fabrication de systèmes de fixation directe pour les travaux dans l'acier et le métal. À titre de membre du Steel Deck Institute (SDI), Hilti participe à la recherche menée par l'industrie sur les tabliers dans les grandes universités et les grands laboratoires d'essai et appuie également cette recherche. Des projets de recherche récents menés avec les systèmes de fixation directe Hilti comprenaient des essais sismiques et des mesures du comportement inélastique des diaphragmes de tablier et des essais sur des diaphragmes de tablier épais/cellulaires.

Des essais indépendants constituent le meilleur outil pour mesurer le rendement et la fiabilité d'un produit et Hilti et SDI souscrivent à ce principe. L'appui accordé aux programmes de recherche en cours se mesure par le nombre d'essais déjà effectués et la portée de ceux-ci ainsi que par la politique qui vise à parrainer de nouveaux essais lorsque de nouveaux produits ou de nouvelles applications sont mis sur le marché. Hilti fournit des données de rendement sur le système de fixation directe, des rapports d'évaluation ICC-ES, un logiciel de conception, des degrés de résistance au feu et des résultats d'essai de charge pour les systèmes de fixation directe Hilti utilisés pour les tabliers en acier.

Les données relatives aux diaphragmes sont calculées conformément aux équations de conception des diaphragmes SDI à l'aide des valeurs de résistance et de rigidité de fixateurs Hilti particuliers ainsi que de facteurs de pondération de corrélation des données conformément aux exigences du rapport ICC-ES AC43.





3.5.1 Conception-calcul et sélection des fixateurs de tôlerie

3.5.1.9 Utilisation des tables de résistance au cisaillement du diaphragme

Généralités : Les sections 3.5.2 à 3.5.5 suivantes du Guide technique des produits comprennent des fiches de données techniques sur les fixateurs Hilti et des tables de résistance au cisaillement et de rigidité des diaphragmes précalculées à l'aide des équations de calcul fournies à la section 3.5.1.8. Les tables de résistance au cisaillement et de rigidité des diaphragmes précalculées sont présentées en deux formats.

Les tables des sections 3.5.2 et 3.5.3 sont dans un format de calcul traditionnel où les valeurs de résistance au cisaillement et de rigidité des diaphragmes sont dans la table même.

Les tables de la section 3.5.5 sont dans un format non traditionnel Hilti qui comprend des patrons de fixation d'ossature Hilti à coût optimisé, les entraxes des vis de couturage (SLC) Hilti et les calibres de tablier pour une demande de charge de cisaillement de diaphragme donnée. Ce format non traditionnel constitue une référence rapide permettant de trouver des solutions de fixation équivalentes à coût optimisé fondées uniquement sur la charge de cisaillement du diaphragme.

Dans tous les cas, les valeurs de cisaillement du diaphragme déterminées à partir de l'un ou de l'autre des formats de table sont uniformes.

Ces tables ne tiennent pas compte des autres facteurs de calcul, notamment les charges de gravité ou de soulèvement sous l'action du vent. Ces exigences doivent être vérifiées séparément par l'ingénieur en structures.

Tables de résistance au cisaillement du diaphragme traditionnelles : Les sections 3.5.2 et 3.5.3 présentent des tables dont le format est semblable à celui des tables publiées dans le manuel DDM03 du SDI, par l'ICTAB et dans la plupart des catalogues des fabricants de tabliers en acier.

Comme l'illustre la figure 18, ces tables de résistance au cisaillement du diaphragme sont habituellement réalisées avec la portée sur la largeur de l'en-tête et l'entraxe des vis de couturage le long de la marge ou de la colonne gauche. En plus des autres variables de calcul comme le calibre du tablier et le patron de fixation, les tables renferment les valeurs de résistance au cisaillement et de rigidité des diaphragmes.

L'ingénieur en structures parcourt les différentes combinaisons jusqu'à ce qu'il trouve une résistance au cisaillement et un facteur de rigidité des diaphragmes qui répondent aux exigences de calcul.

Tables optimisées de la résistance au cisaillement des diaphragmes : La section 3.5.5 comprend des tables dans un format non traditionnel qui permettent à l'ingénieur en structures de sélectionner rapidement un patron de fixation d'ossature Hilti à coût optimisé, les entraxes des vis de couturage (SLC) Hilti et des combinaisons de calibres de tablier pour satisfaire aux exigences de charge de cisaillement des diaphragmes données dans la colonne gauche de la table (se reporter à la figure 19). Ces tables reposent uniquement sur la résistance au cisaillement du diaphragme; la rigidité du diaphragme doit être vérifiée séparément.

Calibre	Entraxe des vis de couturage (SLC) Hilti[5,6]	Facteur	Portée (pi po)													
			4 pi 0 po		5 pi 0 po		6 pi 0 po		7 pi 0 po		8 pi 0 po		9 pi 0 po		10 pi 0 po	
			Nombre de fixateurs par tôle au support													
			9	7	9	7	9	7	9	7	9	7	9	7	9	7
22	Entraxe de 36 po	S_{ASD}	715	499	612	431	529	378	467	341	421	313	388	292	363	277
		G'	51,9	48,5	56,4	52,0	59,2	54,1	60,9	55,4	62,1	56,2	62,5	56,5	62,9	56,5
	24 po o.c.	S_{ASD}	765	554	666	489	596	444	534	408	488	380	455	360	430	344
		G'	52,9	50,2	58,1	54,5	61,6	57,5	64,1	59,6	65,8	61,0	67,1	62,1	68,0	62,9
	18 po o.c.	S_{ASD}	813	607	719	545	651	501	601	469	555	445	522	426	497	410
		G'	53,8	51,5	59,5	56,5	63,7	60,2	66,7	62,9	69,0	64,9	70,9	66,7	71,9	68,0
	12 po o.c.	S_{ASD}	903	706	817	649	755	610	708	580	672	558	643	540	620	526
		G'	55,2	53,5	61,7	59,6	66,7	64,3	70,7	68,1	74,1	70,9	76,3	73,5	78,7	75,8
	6 po o.c.	S_{ASD}	1 123	941	1 060	902	1 014	874	980	853	952	837	931	824	760	760
		G'	57,9	57,0	65,8	64,8	72,3	71,2	77,7	76,5	82,6	81,3	86,2	84,7	90,1	88,5
	36 po o.c.	S_{ASD}	948	668	815	581	715	517	635	468	575	432	528	403	495	383
		G'	71,9	66,1	75,9	68,9	77,9	70,1	78,7	70,4	78,8	70,3	78,7	69,9	78,1	69,4
	24 po o.c.	S_{ASD}	1 021	749	894	665	804	607	734	564	673	530	627	502	593	481

Figure 18 : Extrait de la table traditionnelle de la résistance au cisaillement et du facteur de rigidité du diaphragme

Portée = 4 pi 0 po											
Résistance de calcul admissible du diaphragme, plf*		Patron de fixation d'ossature pour pistolet de scellement à poudre Hilti recommandé – Entraxe des vis de couturage (SLC) Hilti (entraxe, po)*									
		X-ENP-19 with $t_f \geq 1/4$ po				X-EDN19* avec 3/16 po $\leq t_f \leq$ 3/8 po			X-EDNK22 avec 1/8 po $\leq t_f <$ 3/16 po		
S_{ASD} (sismique)	S_{ASD} (vent)	Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18	Cal. 16	Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18	Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18
272	289	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -48
291	309	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -30	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -48
311	331	36/3 -42	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -24	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -36	36/4 -48	36/4 -48
333	354	36/3 -30	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -18	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -24	36/4 -48	36/4 -48
356	379	36/3 -24	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/4 -30	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -20	36/4 -48	36/4 -48
381	406	36/3 -18	36/3 -48	36/3 -48	36/3 -48	36/4 -24	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -18	36/4 -48	36/4 -48
408	434	36/3 -14	36/3 -42	36/3 -48	36/3 -48	36/4 -18	36/4 -48	36/4 -48	36/4 -14	36/4 -48	36/4 -48

Figure 19 : Extrait de la table optimisée de la résistance au cisaillement du diaphragme